

7

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 06347994 A

(43) Date of publication of application: 22.12.94

(51) Int. Cl.

G03F 1/08

H01L 21/027

(21) Application number: 05163169

(71) Applicant: SONY CORP

(22) Date of filing: 07.06.93

(72) Inventor: TSUDAKA KEISUKE

## (54) HALFTONE SYSTEM PHASE SHIFT MASK AND ITS CORRECTING METHOD AND PRODUCTION OF SEMICONDUCTOR DEVICE

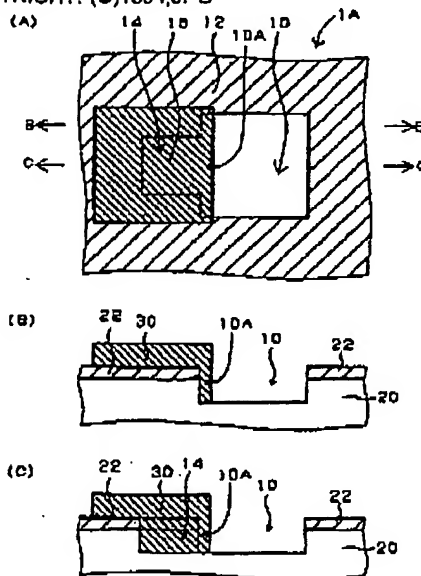
transmittance at which a resist material is not sensitized.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

## (57) Abstract

**PURPOSE:** To provide the halftone system phase shift mask with which a defective region is selectively and surely coated with a light shielding body, the difference of the transfer pattern shape after mask correction from a desired shape is practicably negligible and the defective region is corrected.

**CONSTITUTION:** The halftone system phase shift mask 1B which has half light shielding regions 12 and light transmission regions 10 and varies in the phase of the light past the half light shielding regions and the phase of the light past the light transparent regions includes the defective regions 14 which varies in phase, amplitude transmittance or both thereof from prescribed values and exists in the half light shielding region 12 adjacent or proximate to the light transmission region 10. In addition, the correction region 16 within the defective region larger than the defective region and a part 10A of the light transmission region adjacent or proximity to the correction region 16 is coated with the light shielding body 30 having the amplitude



\* NOTICES \*

JPD and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the halftone method phase shift mask with which the phase of the light which was equipped with the half-protection-from-light field and the light transmission field, and passed through this half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field. A phase, amplitude transmittances, or those both differ from a predetermined value, and the defective field which exists in the half-protection-from-light field which adjoined or approached the light transmission field is included. And the halftone method phase shift mask characterized by being covered with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance to which a part of light transmission field which adjoins or approaches this correction field does not make the correction field in a larger defective field than this defective field, and a list expose a resist ingredient.

[Claim 2] some locations of the light transmission field which adjoin or approach said correction field so that the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with the corrected halftone method phase shift mask may carry out abbreviation coincidence with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with a halftone method phase shift mask in case there be no defective field and a configuration, and the halftone method phase shift mask according to claim 1 that be characterize by to be choose further the amplitude transmittance of a protection from light object if needed

[Claim 3] Said protection-from-light object is a halftone method phase shift mask according to claim 1 or 2 characterized by consisting of carbon.

[Claim 4] For the amplitude transmittance which the 1st protection-from-light object has, said a part of light transmission field which said correction field is covered with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient, and adjoins or approaches a correction field is the halftone method phase shift mask according to claim 1 characterized by being covered with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance.

[Claim 5] The imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field Some locations of said light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, the halftone method phase shift mask according to claim 4 characterized by choosing the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object if needed further.

[Claim 6] Said 1st or 2nd protection-from-light object is a halftone method phase shift mask according to claim 4 or 5 characterized by consisting of carbon.

[Claim 7] A value predetermined [ at least ] in the thickness of a half-protection-from-light layer is a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 1 to which a half-protection-from-light field consists of a half-protection-from-light layer at least, and a defective field is characterized by lack of a half-protection-from-light layer, or differing at least thru/or claim 6.

[Claim 8] Said half-protection-from-light field is a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 1 characterized by having a larger and amplitude transmittance smaller than 0.55 than 0 thru/or claim 7.

[Claim 9] In the halftone method phase shift mask with which the phase of the light which was equipped with the half-protection-from-light field and the light transmission field, and passed through this half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field When the defective field where a phase, amplitude transmittances, or those both differ from a predetermined value exists in the half-protection-from-light field which adjoined or approached the light transmission field, it sets in this half-protection-from-light field. A larger correction field than this defective field is chosen including this defective field. This correction field, And the correction approach of the halftone method phase shift mask characterized by covering with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a part of light transmission field which adjoins or approaches this correction field.

[Claim 10] The imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field The correction approach of some locations of said light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and the halftone method phase shift mask according to claim 9 characterized by choosing the amplitude transmittance of a protection-from-light object if needed further.

[Claim 11] Said protection-from-light object is the correction approach of the halftone method phase shift mask according to claim 9 or 10 characterized by consisting of carbon.

[Claim 12] The correction approach of the halftone method phase shift mask according to claim 9 characterized by covering with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for said correction field, and covering with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has said a part of light transmission field which adjoins or approaches a correction field.

[Claim 13] The imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field The correction approach of some locations of said light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and the halftone method phase shift mask according to claim 12 characterized by choosing the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object if needed

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the halftone method phase shift mask with which the phase of the light which was equipped with the half-protection-from-light field and the light transmission field, and passed through this half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field. A phase, amplitude transmittances, or those both differ from a predetermined value, and the defective field which exists in the half-protection-from-light field which adjoined or approached the light transmission field is included. And the halftone method phase shift mask characterized by being covered with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance to which a part of light transmission field which adjoins or approaches this correction field does not make the correction field in a larger defective field than this defective field, and a list expose a resist ingredient.

[Claim 2] some locations of the light transmission field which adjoin or approach said correction field so that the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with the corrected halftone method phase shift mask may carry out abbreviation coincidence with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with a halftone method phase shift mask in case there be no defective field and a configuration, and the halftone method phase shift mask according to claim 1 that be characterized by to be choose further the amplitude transmittance of a protection from light object if needed

[Claim 3] Said protection-from-light object is a halftone method phase shift mask according to claim 1 or 2 characterized by consisting of carbon.

[Claim 4] For the amplitude transmittance which the 1st protection-from-light object has, said a part of light transmission field which said correction field is covered with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient, and adjoins or approaches a correction field is the halftone method phase shift mask according to claim 1 characterized by being covered with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance.

[Claim 5] The imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field Some locations of said light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, the halftone method phase shift mask according to claim 4 characterized by choosing the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object if needed further.

[Claim 6] Said 1st or 2nd protection-from-light object is a halftone method phase shift mask according to claim 4 or 5 characterized by consisting of carbon.

[Claim 7] A value predetermined [ at least ] in the thickness of a half-protection-from-light layer is a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 1 to which a half-protection-from-light field consists of a half-protection-from-light layer at least, and a defective field is characterized by lack of a half-protection-from-light layer, or differing at least thru/or claim 6.

[Claim 8] Said half-protection-from-light field is a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 1 characterized by having a larger and amplitude transmittance smaller than 0.55 than 0 thru/or claim 7.

[Claim 9] In the halftone method phase shift mask with which the phase of the light which was equipped with the half-protection-from-light field and the light transmission field, and passed through this half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field When the defective field where a phase, amplitude transmittances, or those both differ from a predetermined value exists in the half-protection-from-light field which adjoined or approached the light transmission field, it sets in this half-protection-from-light field. A larger correction field than this defective field is chosen including this defective field. This correction field, And the correction approach of the halftone method phase shift mask characterized by covering with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a part of light transmission field which adjoins or approaches this correction field.

[Claim 10] The imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field The correction approach of some locations of said light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and the halftone method phase shift mask according to claim 9 characterized by choosing the amplitude transmittance of a protection-from-light object if needed further.

[Claim 11] Said protection-from-light object is the correction approach of the halftone method phase shift mask according to claim 9 or 10 characterized by consisting of carbon.

[Claim 12] The correction approach of the halftone method phase shift mask according to claim 9 characterized by covering with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for said correction field, and covering with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has said a part of light transmission field which adjoins or approaches a correction field.

[Claim 13] The imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field The correction approach of some locations of said light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and the halftone method phase shift mask according to claim 12 characterized by choosing the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object if needed

further.

[Claim 14] Said 1st or 2nd protection-from-light object is the correction approach of the halftone method phase shift mask according to claim 12 or 13 characterized by consisting of carbon.

[Claim 15] A value predetermined [ at least ] in the thickness of a half-protection-from-light layer is the correction approach of a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 9 to which a half-protection-from-light field consists of a half-protection-from-light layer at least, and a defective field is characterized by lack of a half-protection-from-light layer, or differing at least thru/or claim 14.

[Claim 16] Said half-protection-from-light field is the correction approach of a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 9 characterized by having a larger and amplitude transmittance smaller than 0.55 than 0 thru/or claim 15.

[Claim 17] In the halftone method phase shift mask with which the phase of the light which was equipped with the half-protection-from-light field and the light transmission field, and passed through this half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field When the defective field where a phase, amplitude transmittances, or those both differ from a predetermined value exists in the half-protection-from-light field which adjoined or approached the light transmission field, it sets in this half-protection-from-light field. A larger correction field than this defective field is chosen including this defective field. This correction field. And it is the correction approach of the halftone method phase shift mask covered with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a part of light transmission field which adjoins or approaches this correction field. Based on said selected correction field, the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field The correction approach of some locations of said light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and the halftone method phase shift mask characterized by asking for the amplitude transmittance of a protection-from-light object from simulation or count if needed further.

[Claim 18] Said protection-from-light object is the correction approach of the halftone method phase shift mask according to claim 17 characterized by consisting of carbon.

[Claim 19] It covers with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for said correction field. It covers with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has said a part of light transmission field which adjoins or approaches a correction field. Based on said selected correction field, the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field The correction approach of some locations of said light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and the halftone method phase shift mask according to claim 17 characterized by asking for the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object from simulation or count if needed further.

[Claim 20] Said 1st or 2nd protection-from-light object is the correction approach of the halftone method phase shift mask according to claim 19 characterized by consisting of carbon.

[Claim 21] A value predetermined [ at least ] in the thickness of a half-protection-from-light layer is the correction approach of a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 17 to which a half-protection-from-light field consists of a half-protection-from-light layer at least, and a defective field is characterized by lack of a half-protection-from-light layer, or differing at least thru/or claim 20.

[Claim 22] Said half-protection-from-light field is the correction approach of a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 17 characterized by having a larger and amplitude transmittance smaller than 0.55 than 0 thru/or claim 21.

[Claim 23] The manufacture approach of the semiconductor device characterized by exposing the resist ingredient formed on the wafer using a halftone method phase shift mask given in any 1 term of claim 1 thru/or claim 8, and imprinting the pattern configuration formed in the halftone method phase shift mask into a resist ingredient.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to a halftone method phase shift mask and its correction approach, and the manufacture approach of the semiconductor device using the halftone method phase shift mask concerning a list.

[0002]

[Description of the Prior Art] The photo mask used at the pattern imprint process in manufacture of a semiconductor device and the so-called lithography process is used in order to imprint the pattern configuration on a photo mask into the resist ingredient formed on the wafer. Since this defect is imprinted by the resist ingredient when a defect exists on a photo mask, a defect occurs in the produced semiconductor device, and the engine performance of a semiconductor device is spoiled remarkably, and the manufacture yield of a semiconductor device is reduced remarkably. So, it is required strongly that a defect which is imprinted by the resist ingredient should not be included in a photo mask. Therefore, all defects that are imprinted by the resist ingredient must be removed by inspecting a photo mask in the making process of a photo mask, and correcting the detected defect.

[0003] On the other hand, the dimension of pattern processing in a semiconductor device etc. is made detailed every year. And in the photo mask of the conventional type constituted by only the protection-from-light field and the light transmission field, resolution of wavelength extent of the exposure light of the aligner used at a lithography process cannot be obtained, but it is becoming difficult to obtain the resolution demanded in manufacture of a semiconductor device etc. Then, the photo mask of such a conventional type is replaced in recent years, and the so-called phase shift mask possessing the phase shift field which changes the phase of light is used increasingly. By using a phase shift mask, formation of the detailed pattern which cannot be formed in the photo mask of a conventional type is possible. Also in such a phase shift mask, it is indispensable to the utilization like the photo mask of a conventional type to remove a defect by inspection and correction of a defect.

[0004] The conventional phase shift mask is equipped with the light transmission field, the protection-from-light field which shades light, and the phase shift field which consists of the light transmission matter which makes the light of the phase of the light which passes through a light transmission field, and a different phase penetrate. the typical conventional edge enhancement mold phase shift mask is typical — a part — a cutting plane is shown in (A) of drawing 30, (B), and (C). For a substrate and 10, as for a protection-from-light field and 24, a light transmission field and 18 are [ 20 / a phase shift field and 28 ] light transmission matter layers among drawing. The conventional phase shift mask cannot perform formation of a detailed pattern, unless it controls the configuration or location of a phase shift field precisely. Moreover, a phase shift field may make even other light transmission fields which originally must not receive interference of light depending on a pattern configuration produce interference of light. In such a case, a phase shift field cannot be formed.

[0005] A kind of the phase shift mask for solving the trouble of such a conventional phase shift mask is equipped with a half-protection-from-light field and a light transmission field, and there is a halftone method phase shift mask with which the phase of the light which passed through the half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field. In the halftone method phase shift mask, the half-protection-from-light field is formed all over removing a light transmission field. The production is easy for a halftone method phase shift mask, and, moreover, it not only can solve the trouble of the conventional phase shift mask, but has the advantage that the degree by which a defect is generated at the time of mask production is also low. some conventional typical halftone method phase shift masks — a cutting plane is shown in drawing 31. As for a substrate and 10, 20 are [ a light transmission field and 12 ] half-protection-from-light fields among drawing. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 and a light transmission matter layer 26. The light transmission matter layer 26 consists of the light transmission matter for changing the phase of the light which passed through the light transmission field 10, and the phase of the light which passed through the half-protection-from-light field 12.

[0006] In a halftone method phase shift mask, the amplitude transmittance of the half-protection-from-light field 12 is about extent which does not make a resist ingredient resolve more greatly than 0, for example, 20 - 45%. In addition, when it expresses with permeability on the strength [ optical ], it is about 4 - 20%. And in order to imprint the pattern configuration formed in the mask into the resist ingredient formed on the wafer, the light which passed through the half-protection-from-light field 12 which has a predetermined amplitude transmittance and a predetermined phase, and a half-protection-from-light field use interference of the light which passed through the light transmission field 10 where 180 degrees of phases differ. Therefore, a different field from a predetermined phase, a different field from a predetermined amplitude transmittance, or all the fields where both these differ will turn into a defective field, and the imprint pattern configuration imprinted by the resist ingredient on a wafer will differ from a desired pattern configuration.

[0007] The approach of former some is proposed about the defective correction approach of the halftone method phase shift mask which is the object of this invention.

[0008] The approach of restoring the pattern of the mask which has a defect as a design is mentioned to one of the approaches of those. The example of a defect correctable by this approach is as follows.

(A) a part typical to (A) of drawing 32 — the defective field 14 where the phase of the light which the light transmission matter layer 26 for controlling the phase prepared in the half-protection-from-light field 12 so that a sectional view is shown was missing, and passed through the half-protection-from-light field 12 differs from a predetermined value.

(B) a part typical to (B) of drawing 32 — the defective field 14 where the phase of the light which passed through the half-protection-from-light field 12 differs from a predetermined value since the thickness of the light transmission matter layer 26 prepared in the half-protection-from-light field 12 differs from predetermined thickness so that a sectional view may be shown.

(C) a part typical to (C) of drawing 32 — the defective field 14 where the amplitude transmittance of the light which passes through the half-protection-from-light field 12 differs from a predetermined value since the half-protection-from-light layer 22 is missing or thickness differs from predetermined thickness so that a sectional view may be shown.

[0009] The correction of the defect of (A) is enabled by forming the light transmission matter which has the same refractive index as the light transmission matter layer 26 in the part which lacked the light transmission matter layer. By making a defective field scan a focused ion beam in a silicon content gas ambient atmosphere, a silicon oxide is selectively deposited to a defective field, and, specifically, the light transmission matter is formed in a defective field by this (such a correction approach is also hereafter called the correcting method by the silicon oxide formation by FIB). Or a defective field is corrected by the so-called lift-off method. That is, after applying a resist all over a mask, optical exposure is selectively performed to a defective field, or a resist is exposed by the electron beam, the focused ion beam, a laser beam, etc., and, subsequently a defective field is selectively exposed by developing a resist. Then, it is the correction approach which applies light transmission matter, such as a silicon oxide, and forms the light transmission matter only in the exposed defective field selectively.

[0010] The defect of (B) is correctable by removing a part with the thick thickness of a light transmission matter layer. For example, the approach physical etching by a focused ion beam etc. removes a part with the thick thickness of a light transmission matter layer is usually used.

[0011] Moreover, the correction of the defect of both (A) and (B) or the defect of (C) is enabled by covering a defective field with a protection-from-light object. In this approach, a defective field is made to scan a focused ion beam in the carbon content gas ambient atmosphere where it is already conventionally used in correction of a mask, a carbon layer is selectively deposited to a defective field, and the protection-from-light object by the carbon layer is formed.

[0012] [Problem(s) to be Solved by the Invention] However, defective correction of the conventional halftone method phase shift mask has the trouble described below.

[0013] When correcting the defect of (A) by the correcting method by the silicon oxide formation by FIB, it is very difficult fixed and to maintain the concentration of silicon content gas [ / near the defective field ] to homogeneity. Furthermore, it is impossible to remove thoroughly the effect of the gas which remains in focused ion beam equipment. Consequently, it is very difficult to form in a defective field the light transmission matter which has thickness, a configuration, desired permeability, and a desired refractive index.

[0014] Moreover, since it is necessary to apply a resist again all over a halftone method phase shift mask when correcting the defect of (A) by the lift-off method, a defect newly arises on the corrected halftone method phase shift mask according to the defect generated in this resist. Moreover, after forming the light transmission matter, in order to remove a resist and the applied light transmission matter, it is necessary to perform ultrasonic exfoliation etc. being appropriate — it is alike, and at the time of ultrasonic exfoliation, it will exfoliate not only to a resist and the light transmission matter but to a part of half-protection-from-light layer, and a new defect will arise. Moreover, in order to correct these newly produced defects, it is not realistic to have to repeat correction by the same correction approach and to use the lift-off method as the defective correction approach.

[0015] By the correction approach which carries out etching clearance of the defect of (B) physically by the focused ion beam, there is no big difference between the etch rate of a defective field, and the etch rate of a normal light transmission matter layer. Therefore, if the scan location or the count of a scan of a focused ion beam are not controlled very strictly, the light transmission matter layer of the lower part of the circumference of a defective field or a defective field is damaged. However, the defective field generated actually does not have a location, a configuration, fixed thickness, etc., and it is very difficult to remove and correct only a defective field to a precision by the focused ion beam. Furthermore, ion remains into the part scanned at the time of ion beam scanning, and an amplitude transmittance falls. It is impossible to remove the ion which remained in the detailed pattern, and this correction approach is not realistic, either.

[0016] The approach of covering a defective field with a protection-from-light object selectively is a simple and easy approach, such a correction approach — for example, reference "examination of the defective correcting method of a halftone phase shift mask" and the collection of the 40th time applied physics relation union lecture meeting lecture drafts of the 1993 spring — it is indicated by No.2, 31 p-L-15, and the 611st page. It is indicated that have the same size as a defective field in this reference, and permeability covers a defective field with a light-shielding film equal to about 0.

[0017] However, when a pattern configuration is imprinted into the resist ingredient formed on the wafer using the halftone method phase shift mask which covered the defective field with the protection-from-light object which has the same magnitude as a defective field, there is a problem that the pattern configuration as a design is not precisely imprinted by the resist ingredient. When the area of a protection-from-light object becomes large especially, the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask differs from the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defect substantially. In addition, such a difference may be hereafter called "a difference with the request configuration of the imprint pattern configuration after mask correction."

[0018] For example, in the contact hole pattern formed in the halftone method phase shift mask, all of one sides of the half-protection-from-light field contiguous to a contact hole pattern are covered with a protection-from-light object. In addition, a light transmission field is not covered with a protection-from-light object. In such a case, as compared with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defect, the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask becomes large 15% or more. The contact hole formed from such an imprint pattern configuration makes the engine performance of a semiconductor device deteriorate remarkably, and makes the semiconductor device production itself remarkably difficult.

[0019] Moreover, in the conventional approach of covering a defective field with a protection-from-light object selectively, when a defective field is small, area of a protection-from-light object can be made small, consequently the difference with the request configuration of the imprint pattern configuration after mask correction can be permitted. However, if area of a protection-from-light object is made small, it is difficult to secure correction precision sufficient at the time of formation of the protection-from-light object by the focused ion beam.

[0020] As a factor which spoils correction precision, formation of the protection-from-light object in a different field from the protection-from-light object formation schedule field of the request by the concentration unevenness of carbon content gas, and the drift and the current variation of a focused ion beam, generating of an artificial error [ in / further / setting out of a protection-from-light object formation schedule field ], etc. can mention. [ / near / where the beam gap from the protection-from-light object formation schedule field of the request by the drift of a focused ion beam and a focused ion beam are irradiated / the field ] When area of a protection-from-light object is made small, it is very difficult to avoid the factor which spoils such correction precision. Therefore, the defect in which it does not correct often arises and there is a problem that a defect is certainly uncorrectable. Moreover, it is very difficult actually to form the protection-from-light object of the same magnitude as a defective field.

[0021] The approach of correcting the defect of the shifter which consisted of transparent coats to exposure light is well-known from JP,4-165353.A. The approach of correcting the shifter chip defect of the magnitude which may be resolved independently is indicated by preparing in this official report so that this may carry out predetermined area extension of the optical protection-from-light section on a chip defective field at a shifter exterior side.

[0022] The phase shift mask indicated by this official report is not a halftone method phase shift mask but a phase shift mask of the so-called shifter protection-from-light method. Moreover, although the optical protection-from-light section consists of the chromium film which used the optical CVD method, there is a problem that a defect is generated again, in the case of formation of the optical protection-from-light section. Furthermore, in the interior of a shifter, the chip defective field is covered with the protection-from-light object of the same magnitude as the chip defective field of a shifter so that clearly also from Figs. 6, 7, and 8 attached to this official report. That is, in the interior of a shifter, neither a publication nor a suggestion is made covering a bigger field than a chip defective field with a protection-from-light object. It is very difficult actually to form the protection-from-light object of the same magnitude as the chip defective field of such a shifter.

[0023] Therefore, the 1st object of this invention is to offer the halftone method phase shift mask with which a defective field is covered selectively and certainly with a protection-from-light object, and the difference with the request configuration of the imprint pattern configuration after mask correction moreover does not pose a problem practically and by which the defective field was corrected.

[0024] Moreover, the 2nd object of this invention is to offer the correction approach of the halftone method phase shift mask which can correct a defective field selectively by moreover a protection-from-light object covering a defective field with sufficient correction tolerance by the easy approach certainly.

[0025] Furthermore, the 3rd object of this invention is to offer the manufacture approach of a semiconductor device of having used this halftone method phase shift mask.

[0026]

[Means for Solving the Problem] It is the halftone method phase shift mask with which the phase of the light which the 1st above-mentioned object was equipped with the half-protection-from-light field and the light transmission field, and passed through the half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field. A phase, amplitude transmittances, or those both differ from a predetermined value, and the defective field which exists in the half-protection-from-light field which adjoined or approached the light transmission field is included. And a part of correction field in a larger defective field than a defective field and light transmission field which adjoins or approaches a list to a correction field The halftone method phase shift mask of this invention characterized by being covered with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient can attain.

[0027] In the halftone method phase shift mask of this invention, it be desirable some locations of the light-transmission field which adjoin or approach a correction field and a configuration, and to be choose further the amplitude transmittance of a protection-from-light object if needed so that the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with the corrected halftone method phase shift mask may carry out abbreviation coincidence with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with a halftone method phase shift mask in case there be no defective field. In this case, as for a protection-from-light object, consisting of carbon is desirable.

[0028] Or as for a part of light transmission field which a correction field is covered with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient in the halftone method phase shift mask of this invention again, and adjoins or approaches a correction field, it is desirable to be covered with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance which the 1st protection-from-light object has. In this case, it is desirable some locations of the light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and that the amplitude transmittance of the 2nd protection from light object is choose further if needed so that the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with the corrected halftone method phase shift mask may carry out abbreviation coincidence with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field. Furthermore, as for the 1st or 2nd protection-from-light object, consisting of carbon is desirable.

[0029] In the halftone method phase shift mask of this invention, a half-protection-from-light field consists of a half-protection-from-light layer at least, and a defective field consists of lack of a half-protection-from-light layer at least in this case, or the thickness of a half-protection-from-light layer may differ from a predetermined value at least. In addition, as for a half-protection-from-light field, it is desirable the amplitude transmittance which does not make a resist ingredient resolve more greatly than 0, and to more specifically have a larger and amplitude transmittance smaller than 0.55 than 0.

[0030] In the halftone method phase shift mask with which the phase of the light which the 2nd object of this invention was equipped with the half-protection-from-light field and the light transmission field, and passed through the half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field When the defective field where a phase, amplitude transmittances, or those both differ from a predetermined value exists in the half-protection-from-light field which adjoined or approached the light transmission field, it sets in a half-protection-from-light field. A larger correction field than a defective field is chosen including a defective field. A correction field. And it can attain by the correction approach of the halftone method phase shift mask concerning the 1st mode of this invention characterized by covering with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a part of light transmission field which adjoins or approaches a correction field.

[0031] In the correction approach of the halftone method phase shift mask concerning the 1st mode of this invention The imprint

pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field It is desirable some locations of the light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and to choose the amplitude transmittance of a protection-from-light object if needed further. In this case, as for a protection-from-light object, consisting of carbon is desirable.

[0032] or — again — the 1st voice of this invention — it is desirable to cover with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a correction field in the correction approach of the halftone method phase shift mask applied like, and to cover with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has a part of light-transmission field which adjoins or approaches a correction field Moreover, it be desirable some locations of the light transmission field which adjoin or approach a correction field and a configuration, and to choose the amplitude transmittance of the 2nd protection from light object if needed further so that the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with the corrected halftone method phase shift mask may carry out abbreviation coincidence with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtain with a halftone method phase shift mask in case there be no defective field. Furthermore, as for the 1st or 2nd protection-from-light object, consisting of carbon is desirable.

[0033] the 1st voice of this invention — in the correction approach of the halftone method phase shift mask applied like, a half-protection-from-light field consists of a half-protection-from-light layer at least, and a defective field consists of lack of a half-protection-from-light layer at least in this case, or the thickness of a half-protection-from-light layer may differ from a predetermined value at least In addition, as for a half-protection-from-light field, it is desirable the amplitude transmittance which does not make a resist ingredient resolve more greatly than 0, and to more specifically have a larger and amplitude transmittance smaller than 0.55 than 0.

[0034] Furthermore, the 2nd object of this invention is equipped with a half-protection-from-light field and a light transmission field, and sets them on the halftone method phase shift mask with which the phase of the light which passed through the half-protection-from-light field differs from the phase of the light which passed through the light transmission field. When the defective field where a phase, amplitude transmittances, or those both differ from a predetermined value exists in the half-protection-from-light field which adjoined or approached the light transmission field, it sets in a half-protection-from-light field. A larger correction field than a defective field is chosen including a defective field. A correction field. And it is the correction approach of the halftone method phase shift mask covered with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a part of light transmission field which adjoins or approaches a correction field. Based on the selected correction field, the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field Some of locations and configurations of said light transmission field which adjoin or approach a correction field. Furthermore, it can attain by the correction approach of the halftone method phase shift mask concerning the 2nd mode of this invention characterized by asking for the amplitude transmittance of a protection-from-light object from simulation or count if needed.

[0035] As for a protection-from-light object, in the correction approach of the halftone method phase shift mask concerning this 2nd mode, consisting of carbon is desirable.

[0036] Moreover, it covers with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a correction field. It covers with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has said a part of light transmission field which adjoins or approaches a correction field. Based on the selected correction field, the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field It is desirable some locations of the light transmission field which adjoins or approaches a correction field and a configuration, and to ask for the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object from simulation or count if needed further. In this case, as for the 1st or 2nd protection-from-light object, consisting of carbon is desirable.

[0037] furthermore, this 2nd voice — in the correction approach of the halftone method phase shift mask applied like, a half-protection-from-light field consists of a half-protection-from-light layer at least, and a defective field consists of lack of a half-protection-from-light layer at least in this case, or the thickness of a half-protection-from-light layer may differ from a predetermined value at least In addition, as for a half-protection-from-light field, it is desirable the amplitude transmittance which does not make a resist ingredient resolve more greatly than 0, and to more specifically have a larger and amplitude transmittance smaller than 0.55 than 0.

[0038] Furthermore, the 3rd object of this invention can expose the resist ingredient formed on the wafer using the halftone method phase shift mask of above-mentioned this invention, and can attain it by the manufacture approach of the semiconductor device characterized by imprinting the pattern configuration formed in the halftone method phase shift mask into a resist ingredient.

[0039]

[Function] In this invention, since a larger correction field than a defective field is covered with a protection-from-light object, even if it is not high correction tolerance, i.e., a very high correction precision, a defective field can be corrected and, moreover, an imprint and lowering of the depth of focus can be prevented to the resist ingredient of the defective field by optical exposure.

[0040] Moreover, since a part of light transmission field which adjoins or approaches a correction field is covered with a protection-from-light object, the change and the gap of the request of an imprint pattern configuration from a pattern configuration which are produced when only a correction field is covered with a protection-from-light object can be amended. And a desired imprint pattern configuration and desired sufficient depth of focus can obtain these [ all ] precisely further by the width of face of a protection-from-light object, the location or permeability, and controlling precisely.

[0041] Furthermore, a desired imprint pattern configuration can be efficiently acquired precisely by asking for the location and magnitude which should form a suitable protection-from-light object to a correction field by simulation or count, experiment, etc. beforehand, and controlling precisely the formation location and magnitude of a protection-from-light object.

[0042]



[Example] Hereafter, based on an example, this invention is explained with reference to a drawing. In addition, if the relation of the gestalt of each example and a defect is summarized, it will become as follows.

An example -1 and an example -2: Correction of the defective field where the amplitude transmittance and phase of a half protection-from-light field differ from a predetermined value.

An example -4 and an example -5: Correction of the defective field where the amplitude transmittance of a half protection-from-light field differs from a predetermined value.

Example -6: Correction of the defective field where the phase of a half protection-from-light field differs from a predetermined value.

In these examples, the correction approach of a defective field is based on the correction approach of the halftone method phase shift mask concerning the 1st mode of this invention.

[0043] Moreover, an example -3 explains an example of some decision approaches of the light transmission field contiguous to the selection approach of a correction field, and a correction field about the correction approach of the halftone method phase shift mask concerning the 2nd mode of this invention.

[0044] In addition, when forming an imprint pattern configuration etc. by exposure light to the resist ingredient formed on the wafer, Although what is used for reticle and one-to-one projection in what is used for cutback projection may be called a mask or what reproduced reticle and it for the thing equivalent to original recording may be called a mask In this description, the reticle and the mask in such various semantics are generically called a mask.

[0045] (Example -1) In an example -1, it exists in the half-protection-from-light field to which the defective field adjoined the light transmission field. As compared with the half-protection-from-light field where this defective field does not have a defect, a phase differs from an amplitude transmittance. It covers with the protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a part of correction field and light transmission field contiguous to a correction field. A correction field is located in a half-protection-from-light field. A protection-from-light object consists of carbon, and an amplitude transmittance is about 0%. Hereafter, an example -1 is explained with reference to drawing 1 - drawing 4.

[0046] The light transmission field 10 of the square which is a contact hole pattern at the halftone method phase shift mask 1 as a top view is shown in part typical to (A) of drawing 1, and the half-protection-from-light field 12 are formed. In addition, the slash was given to the half-protection-from-light field 12. Moreover, it adjoins the 1 side XY of the square light transmission field 10, and the defective field 14 exists, the typical part which cut the halftone method phase shift mask along with line B-B and C-C of drawing 1 — a cutting plane is shown in (B) of drawing 1, and (C). The substrate with which 20 consist of a quartz, and 22 are half-protection-from-light layers which consist of the chromium (Cr) which constitutes the half-protection-from-light field 12 among drawing. The light transmission field 10 is the crevice formed in the substrate by etching the half-protection-from-light field 12 and a substrate 20. Depth d of this crevice is a value with which are satisfied of  $d=\lambda/(2(n-1))$ , when the refractive index of  $\lambda$  and a substrate is set to n for the wavelength of exposure light. That is, the phase of the light of the substrate from a front face to depth d which passed through the half-protection-from-light field 12 by 10B, and the phase of the light which passed through the light transmission field 10 are changed in part.

[0047] Magnitude of the square light transmission field 10 was set to 1.85micrometerx1.85micrometer on 5 time reticle. Moreover, the amplitude transmittance of the half-protection-from-light field 12 was made into about 40%, and phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 was made into 180 degrees.

[0048] Magnitude of the defective field 14 was set to 1.0micrometerx1.0micrometer on 5 time reticle. Moreover, phase contrast of the light which passed the amplitude transmittance of the defective field 14 through the defective field 14 100%, and the light which passed through the light transmission field 10 was made into 0 degree. In addition, it means having the amplitude transmittance as the light transmission field 10 with 100 same% for an amplitude transmittance. In an example -1, a phase differs from an amplitude transmittance as compared with the half-protection-from-light field where the half-protection-from-light layer 22 and a substrate are the defects of a gestalt in which 10B was missing, a part, and the defective field 14 shown in (C) of drawing 1 with the broken line does not have a defect. In case the half-protection-from-light field 12 and a substrate 20 are etched and the light transmission field 10 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0049] When the wavelength of 248nm and NA carried out 0.45 and the partialness coherency carried out outback exposure with the aligner of 0.3 one fifth using the halftone method phase shift mask 1 which has such a defective field 14, the optical intensity distribution of the light which penetrated the halftone method phase shift mask 1 turned into optical intensity distribution show in (A) of drawing 3 as a continuous line (A) on the resist ingredient formed in the wafer. Moreover, the optical intensity distribution of the light which penetrated the halftone method phase shift mask without the defective field 14 turned into optical intensity distribution shown in (A) of drawing 3 by the dotted line (B) on the resist ingredient formed in the wafer. In addition, also in each following example, the optical intensity distribution on the resist ingredient formed in the wafer on the same aligner and the same exposure conditions were acquired.

[0050] When the width of face of an optical intensity-distribution curve in case optical reinforcement is 0.3 was specified as contact hole pattern width of face, the contact hole pattern width of face obtained from the halftone method phase shift mask with which the defective field 14 exists was increasing 0.1 micrometers as compared with contact hole pattern width of face of 0.3 micrometers obtained from the halftone method phase shift mask which is 0.4 micrometers and does not have the defective field 14. Moreover, 0.06 micrometers of cores of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from the halftone method phase shift mask with which the defective field 14 exists had shifted from the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from the halftone method phase shift mask without the defective field 14.

[0051] Halftone method phase shift mask 1A after correction is shown in drawing 2. a part of typical drawing 2 of (A) — a part of (B) of a top view and drawing 2, and typical (C) — as shown in a cutting plane, the larger correction field 16 (the slash was attached in drawing 2) than a defective field is covered with the protection-from-light object 30 which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient, including the defective field 14. In addition, the correction field 16 is located in the half-protection-from-light field 12. furthermore, a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 — 10A is covered with the same protection-from-light object 30. The protection-from-light object 30 consists of carbon, and an amplitude transmittance is about 0%. In addition, (B) of drawing 2 and (C) are the cutting planes in alignment with line B-B and C-C of (A) of drawing 2.

[0052] By forming such a protection-from-light object 30, the optical intensity distribution shown in (B) of drawing 3 were acquired, and in this case, contact hole pattern width of face was set to 0.301 micrometers, and was well in agreement to desired contact hole pattern width of face (0.3 micrometers). Moreover, the difference of the core of the peak of this optical intensity-distribution curve and the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from a halftone method phase shift mask without the defective field 14 was also set to less than 0.01 micrometers.

[0053] The concrete approach of correcting hereafter the defective field 14 shown in drawing 1 is explained with reference to drawing 4. In the halftone method phase shift mask 1 which has the defective field 14, the large correction field 16 (a broken line shows in drawing 4) is chosen from this defective field 14 in the half-protection-from-light field 12, including the defective field 14. Magnitude of the correction field 16 was made into 2.0micrometerx1.8micrometer magnitude. The magnitude of the defective field 14 is 1.0micrometerx1.0micrometer, and the correction field 16 is larger than the defective field 14, including the defective field 14.

[0054] thus, a part of selected correction field 16 and light transmission field contiguous to the correction field 16 — the protection-from-light object 30 which consists of carbon with a thickness of 300nm was formed by scanning the acceleration voltage of 20kV, and Ga<sup>+</sup> focused ion beam of ion current 120pA for 2 minutes to 10A (a dotted line showing in drawing 4) in the pyrene gas ambient atmosphere controlled by  $1.3 \times 10^{-4}$  or less Pa of pressures. in addition, a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 — 10A — the light transmission field 10 — only 0.2 micrometers has extended toward the center section of the light transmission field from XY one side. That is, the magnitude of the protection-from-light object 30 whole is

2.0micrometerx2.0micrometer. In this way, halftone method phase shift mask 1A by which the defective field 14 was corrected was able to be obtained. in addition, a part of light transmission field contiguous to the selection approach of the correction field 16, and the correction field 16 — an example -3 specifically explains the decision approaches, such as magnitude of 10A.

[0055] The larger correction field 16 (for example, 2.0micrometerx1.8micrometer) than the defective field 14 (for example, 1.0micrometerx1.0micrometer) is chosen, and the protection-from-light object 30 is formed on this correction field 16. High correction tolerance can be obtained by this.

[0056] moreover, a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 — the protection-from-light object 30 is formed also on 10A (for example, 2.0micrometerx0.2micrometer). Optical intensity distribution approach desired distribution and desired contact hole pattern width of face is obtained by this. When the pattern configuration formed in halftone method phase shift mask 1A was imprinted into the resist ingredient formed in the wafer using halftone method phase shift mask 1A of the example -1 actually corrected in this way and contact hole pattern width of face was measured using electron beam dimension length measurement equipment, it was checked that desired contact hole pattern width of face is obtained. Moreover, it was checked that contact hole pattern width of face is also in agreement with the contact hole pattern width of face obtained from optical intensity distribution.

[0057] In addition, when the protection-from-light object 30 was formed on the correction field 16 and a protection-from-light object was not formed in the light transmission field 10 contiguous to the correction field 16, the optical intensity distribution of the light which passed this halftone method phase shift mask became the curve shown with the alternate long and short dash line of (A) of drawing 3 (C).

[0058] (Deformation of an example -1) some typical halftone method phase shift masks which have structure which is different from the structure shown in drawing 1 in drawing 5 — a cutting plane is shown. In addition, these cutting planes are cutting planes in alignment with line C-C of (A) of drawing 1. As compared with the half-protection-from-light field where the defective field 14 shown with the broken line does not have a defect, a phase differs from an amplitude transmittance.

[0059] The halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 5 consists of the substrate 20 which consists of a quartz, and the half-protection-from-light field 12 formed on it. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 which consists of chromium, and a light transmission matter layer 26 (the so-called shifter) which was formed on it and which consists, for example of SOG (spin-on glass). The phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 is 180 degrees. Thickness d of the light transmission matter layer 26 is a value with which are satisfied of  $d = \lambda / (2(n-1))$ , when the refractive index of  $\lambda$  and a light transmission matter layer is set to n for the wavelength of exposure light. The defective field 14 shown in (A) of drawing 5 with the broken line is the defect of a gestalt in which a part of light transmission matter layer 26 and half-protection-from-light layer 22 were missing. In case the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 which were formed on the substrate 20 are etched and the light transmission field 10 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0060] some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 5 by the same approach as an example -1 — a cutting plane is shown in (B) of drawing 5.

[0061] The halftone method phase shift mask shown in (C) of drawing 5 consists of the substrate 20 which consists of a quartz, and the half-protection-from-light field 12 formed on it. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 which consists of chromium, and the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 (the so-called shifter) which was formed between substrates 20 and which consists, for example of SOG. The phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 is 180 degrees. Thickness d of the light transmission matter layer 26 is a value with which are satisfied of  $d = \lambda / (2(n-1))$ , when the refractive index of  $\lambda$  and a light transmission matter layer is set to n for the wavelength of exposure light. The defective field 14 is the defect of a gestalt in which a part of half-protection-from-light layer 22 and light transmission matter layer 26 were missing. In case the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 which were formed on the substrate 20 are etched and the light transmission field 10 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0062] some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (C) of drawing 5 by the same approach as an example -1 — a cutting plane is shown in (D) of drawing 5.

[0063] (Example -2) An example -2 is deformation of an example -1. The structure of the halftone method phase shift mask in an example -2 and the gestalt of a defective field are the same as an example -1. The point that an example -2 is different from an example -1 is in the correction approach of a defective field. That is, it covers with the 1st protection-from-light object which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for a correction field. Moreover, it covers with the 2nd protection-from-light object which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has a part of light transmission field contiguous to a correction field.



[0064] A part is covered with the 1st protection-from-light object 32 with typical drawing 6 which has a top view and the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for the correction field 16 as a part is shown in a cutting plane in the contact hole pattern (refer to drawing 1) which has the defective field 14 shown in the example -1, and the same defective field, moreover, a part of light transmission field contiguous to a correction field — it covers with the 2nd protection-from-light object 34 which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has 10A. The 1st protection-from-light object 32 consisted of carbon, and made the amplitude transmittance about 0%. Moreover, the 2nd protection-from-light object 34 also consisted of carbon, and made the amplitude transmittance about 20%. The amplitude transmittance is changed by changing the thickness of the 1st protection-from-light object 32 and the 2nd protection-from-light object 34.

[0065] The optical intensity distribution shown in drawing 7 were acquired by controlling precisely the location which should form the 1st and 2nd protection-from-light objects 32 and 34, width of face, thickness, etc. In this case, contact hole pattern width of face was set to 0.301 micrometers, and was well in agreement to desired contact hole pattern width of face (0.3 micrometers). Moreover, the difference of the core of the peak of this optical intensity-distribution curve and the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from a halftone method phase shift mask without the defective field 14 was also set to less than 0.01 micrometers.

[0066] Correction of the defective field 14 in an example -2 can be made by the following approaches. The gestalt of the structure of a halftone method phase shift mask and a defective field, and magnitude is the same as that of drawing 1. Magnitude of the correction field 16 was made into 1.85micrometerx1.85micrometer magnitude. The magnitude of the defective field 14 is 1.0micrometerx1.0micrometer, and the correction field 16 is larger than the defective field 14, including the defective field 14. The correction field 16 is located in the half-protection-from-light field 12.

[0067] Thus, the 1st protection-from-light object 32 which consists of carbon with a thickness of 300nm was formed by scanning the acceleration voltage of 20kV, and Ga<sup>+</sup> focused ion beam of ion current 120pA for 2 minutes to the selected correction field 16 in the pyrene gas ambient atmosphere controlled by 1.3x10<sup>-4</sup> or less Pa of pressures.

[0068] furthermore, a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 — the 2nd protection-from-light object 34 which consists of carbon with a thickness of 150nm which has about 20% of amplitude transmittance was formed by scanning Ga<sup>+</sup> focused ion beam also to 10A. a part of light transmission field — 10A — the light transmission field 10 — only 0.7 micrometers has extended toward the center section of the light transmission field from XY one side. In this way, halftone method phase shift mask 1B by which the defective field 14 was corrected can be obtained. in addition, a part of light transmission field contiguous to the selection approach of the correction field 16, and the correction field 16 — an example -3 specifically explains the decision approaches, such as magnitude of 10A.

[0069] although the 1st protection-from-light object 32 is formed also on [ some ] the half-protection-from-light field 12 without defects other than defective field 14 in order to obtain correction tolerance — a part of light transmission field — by controlling the 2nd amplitude transmittance, width of face, etc. of the protection-from-light object 34 which cover 10A, optical intensity distribution approach a desired imprint pattern configuration, and desired contact hole pattern width of face is obtained.

[0070] (Deformation of an example -2) some typical halftone method phase shift masks which have structure which is different from the structure shown in drawing 6 in drawing 8 — a cutting plane is shown. In addition, these cutting planes are cutting planes in alignment with line C-C of (A) of drawing 6. As compared with the half-protection-from-light field where the defective field 14 shown with the broken line does not have a defect, a phase differs from an amplitude transmittance.

[0071] The halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 8 has the same structure as the halftone method phase shift mask explained by (A) of drawing 5, and the defective field 14. some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 8 by the same approach as an example -2 — a cutting plane is shown in (B) of drawing 8.

[0072] The halftone method phase shift mask shown in (C) of drawing 8 has the same structure as the halftone method phase shift mask explained by (C) of drawing 5, and the defective field 14. some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (C) of drawing 8 by the same approach as an example -2 — a cutting plane is shown in (D) of drawing 8.

[0073] (Example -3) An example -3 is related with the correction approach of the halftone method phase shift mask concerning the 2nd mode of this invention. a part of light transmission field which adjoins the selection approach of a correction field, and the correction field 16 in the example -3 — an example of the selection approach of 10A is explained. The structure of the halftone method phase shift mask in an example -3 and the gestalt of a defective field, a configuration, and magnitude are the same as that of an example -1. In addition, the pattern of the light transmission field 10 is explained as a line pattern.

[0074] The halftone method phase shift mask 1 which has the defective field 14 shown in drawing 9 by Ga<sup>+</sup> focused ion beam of 120pA(s) accelerated by 20kV is scanned. While measuring the secondary ion of Cr generated by this, or two-dimensional distribution of secondary ionic strength and memorizing this in the memory of a scanner, it displays on displays, such as a character display (it omits Following CRT), as a two-dimensional image.

[0075] Next, the suitable field ABCD which includes the defective field 14 as shown in (A) of drawing 9 is specified, referring to this display. A part of this field ABCD is equivalent to the correction field 16. Here, although referred to as AB=CD=2.0micrometer and BC=DA=2.5micrometer, of course, it is not limited to this value.

[0076] By detecting the point that secondary ionic strength changes remarkably in each side of ABCD, by the image processing, the boundary of the light transmission field 10 and the half-protection-from-light field 12 is detected, and the intersection EF of this boundary and the side of Field ABCD is detected further. In (A) of drawing 9, the example as which Intersection E was detected on the side BC and Intersection F was detected on the side AD is shown.

[0077] Next, the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with the corrected halftone method phase shift mask So that abbreviation coincidence may be carried out with the imprint pattern configuration to the resist ingredient obtained with a halftone method phase shift mask in case there is no defective field a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 of the light transmission field 10 which should be made to extend toward the center section of the light transmission field from XY one side — it asks for the amplitude transmittance of a protection-from-light object the die length (EG and FH) of 10A, and if needed, for that purpose, a part of light transmission field which adjoins the correction fields 16, such as the die length of EG and FH, by simulation or count based on the die length of AF, AB, BE, and EF from the data based on the optical intensity distribution beforehand

searched for by simulation or count, experiment, etc. -- it asks for the amplitude transmittance of a protection-from-light object the location of 10A, a configuration, and if needed,  $EG=EH=0.2\text{micrometer}$  was obtained in the example -3 (refer to (B) of drawing 9). [0078] The area of these fields generally formed [ in / a part / formation of 10A ] rather than the scanning zone of a focused ion beam of the correction field 16 by the focused ion beam and a light transmission field becomes large. So, it computes with the data beforehand asked for the scan field IJKL of the focused ion beam for forming Field ABGH (refer to (B) of drawing 9) by simulation or count, or experiment.

[0079] in this way, a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 -- the location of 10A, and a configuration -- the amplitude transmittance of a protection-from-light object is chosen further if needed. And it covers with the protection-from-light object 30 which has the amplitude transmittance of the light transmission field contiguous to the correction field 16 and the correction field 16 which does not expose a resist ingredient for 10A in part by the same approach as an example -1.

[0080] or a part of light transmission field which adjoins the correction fields 16, such as the die length of EG and FH, by simulation or count again based on the die length of AF, AB, BE, and EF from the data based on the optical intensity distribution beforehand searched for by simulation or count, experiment, etc. -- it asks for the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object 34 the location of 10A, a configuration, and if needed, and a part of light transmission field which covers the correction field 16 with the 1st protection-from-light object 32, and adjoins the correction field 16 by the same approach as an example -2 -- 10A is covered with the 2nd protection-from-light object 34.

[0081] Consequently, in the halftone method phase shift mask after correction, the good imprint pattern which suppressed fluctuation of the imprint pattern line breadth to a resist ingredient to 5% or less to desired line breadth was able to be obtained.

[0082] In addition, although the secondary ion of Cr was used for observation of the defective field 14, and correction, an image data acquisition means is not limited to this, and if image data can acquire, it may use elements other than Cr, the secondary ion of a molecule, or a secondary electron.

[0083] Moreover, although explained taking the case of the correction to the defective field 14 generated on the isolated line in the example -3, it is not limited to an isolated line and an example -3 can be applied to all various kinds of device patterns very easily. Moreover, the defective field 14 does not necessarily need to adjoin a pattern and may be near the pattern. Furthermore, versatility is [ that what is necessary is just to set up Field ABCD depending on the magnitude or the configuration of the defective field 14 ] very large. Moreover, an optical microscope and a scanning electron microscope may be used as a means to acquire the two-dimensional image configuration of a halftone method phase shift mask.

[0084] the 2nd voice of this invention explained in the example -3 -- the correction approach of the halftone method phase shift mask applied like is applicable not only to an example -1 and the example -2 but the example -4 explained below -- an example -6.

[0085] (Example -4) An example -4 is deformation of an example -1. The point that an example -4 differs from an example -1 is in the point that the gestalt of the defect of the defective field 14 is different. That is, amplitude transmittances differ as compared with the half-protection-from-light field where this defective field 14 does not have a defect. The correction approach of the defective field 14 is the same as that of an example -1. Hereafter, with reference to drawing 10 - drawing 13, the defective field 14 is mainly explained.

[0086] The light transmission field 10 of the square which is a contact hole pattern at the halftone method phase shift mask 1 as a top view is shown in part typical to (A) of drawing 10, and the half-protection-from-light field 12 are formed. In addition, the slash was given to the half-protection-from-light field 12. Moreover, it adjoins the 1 side XY of the square light transmission field 10, and the defective field 14 exists. some typical halftone method phase shift masks in alignment with line B-B of drawing 10 -- a cutting plane is shown in (B) of drawing 10. The substrate with which 20 consist of a quartz, and 22 are half-protection-from-light layers which consist of the chromium which constitutes the half-protection-from-light field 12 among drawing. The light transmission field 10 is the crevice of depth d formed in the substrate by etching a substrate 20.

[0087] Magnitude of the square light transmission field 10 was set to  $1.85\text{micrometer} \times 1.85\text{micrometer}$  on 5 time reticle. Moreover, the amplitude transmittance of the half-protection-from-light field 12 was made into about 40%, and phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 was made into 180 degrees.

[0088] Magnitude of the defective field 14 was set to  $1.85\text{micrometer} \times 1.85\text{micrometer}$  on 5 time reticle. Moreover, phase contrast of the light which passed the amplitude transmittance of the defective field 14 through the defective field 14 100%, and the light which passed through the light transmission field 10 was made into 180 degrees. In an example -4, the defective field 14 shown in (B) of drawing 10 with the broken line is the defect of a gestalt in which a part of half-protection-from-light layer 22 was missing, and amplitude transmittances differ as compared with a half-protection-from-light field without a defect. In case the half-protection-from-light field 12 and a substrate 20 are etched and the light transmission field 10 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0089] When the wavelength of 248nm and NA carried out 0.45 and the partialness coherency carried out cutback exposure with the aligner of 0.3 one fifth using the halftone method phase shift mask which has such a defective field 14, the optical intensity distribution of the light which penetrated the halftone method phase shift mask 1 turned into optical intensity distribution shown on the resist ingredient formed in the wafer at drawing 12. Two peaks, the peak P1 by the light which penetrates the light transmission field 10, and the peak P2 by the light which passed through the defective field 14, were accepted in optical intensity distribution.

[0090] When the width of face of an optical intensity-distribution curve in case optical reinforcement is 0.3 was specified as contact hole pattern width of face, the contact hole pattern width of face obtained from the halftone method phase shift mask with which the defective field 14 exists was decreasing by 0.03 micrometers as compared with contact hole pattern width of face of 0.3 micrometers obtained from the halftone method phase shift mask which is 0.27 micrometers and does not have the defective field 14. Moreover, 0.03 micrometers of cores of the peak P1 of the optical intensity-distribution curve obtained from the halftone method phase shift mask 1 with which the defective field 14 exists had shifted from the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from a halftone method phase shift mask without the defective field 14. Furthermore, it originated in the peak P2 and the unnecessary pattern was formed in the resist ingredient formed in the wafer.

[0091] Halftone method phase shift mask 1A after correction is shown in drawing 11. a part of typical drawing 11 of (A) -- a top view and a part of typical drawing 11 of (B) -- as shown in a cutting plane, the larger correction field 16 (the slash was attached in drawing 11) than a defective field is covered with the protection-from-light object 30 which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient, including the defective field 14. furthermore, a part of light transmission field contiguous to the correction

field 16 — 10A is covered with the same protection-from-light object 30. The protection-from-light object 30 consists of carbon, and an amplitude transmittance is about 0%. In addition, (B) of drawing 11 is a cutting plane in alignment with line B-B of (A) of drawing 11. moreover, a part of correction field 16 and light transmission field — the magnitude of 10A presupposed that it is the same as that of an example -1.

[0092] By forming such a protection-from-light object 30, the same optical intensity distribution were acquired with (B) of drawing 3 having shown. In this case, contact hole pattern width of face was set to 0.301 micrometers, and was well in agreement to desired contact hole pattern width of face (0.3 micrometers). Moreover, the difference of the core of the peak of this optical intensity-distribution curve and the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from a halftone method phase shift mask without the defective field 14 was also set to less than 0.01 micrometers. Moreover, existence of an unnecessary peak was not accepted.

[0093] The correction process in an example -4 is the same as the process of an example -1, and is skipped for details.

[0094] When the pattern configuration formed in the halftone method phase shift mask was imprinted into the resist ingredient formed in the wafer using the halftone method phase shift mask of an example -4 actually corrected in this way and contact hole pattern width of face was measured using electron beam dimension length measurement equipment, it was checked that desired contact hole pattern width of face is obtained. Moreover, it was checked that contact hole pattern width of face is also in agreement with the contact hole pattern width of face obtained from optical intensity distribution.

[0095] (Deformation of an example -4 [the 1]) The defective field 14 explained in the example -4 is also correctable by the correction approach explained in the example -2.

[0096] the contact hole pattern (refer to drawing 10) which has the defective field shown in the example -4, and the same defective field — receiving — a part of typical drawing 13 — a top view and a part — as shown in a cutting plane, it covers with the 1st protection-from-light object 32 which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for the correction field 16. moreover, a part of light transmission field contiguous to a correction field — it covers with the 2nd protection-from-light object 34 which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has 10A. Like the example -2, the 1st protection-from-light object 32 consisted of carbon, and made the amplitude transmittance about 0%. Moreover, the 2nd protection-from-light object 34 also consisted of carbon, and made the amplitude transmittance about 20%. The amplitude transmittance is changed by setting thickness of the 1st protection-from-light object 32 and the 2nd protection-from-light object 34 to 300nm and 150nm, respectively.

[0097] Correction of the defective field 14 can be made like an example -2, and detailed explanation is omitted. In addition, magnitude of the correction field 16 was made into 2.0micrometerx2.0micrometer magnitude. moreover, a part of light transmission field — 0.7 micrometers 10A has extended toward the center section of the light transmission field from one side of the light transmission field 10. In this way, halftone method phase shift mask 1B by which the defective field 14 was corrected can be obtained.

[0098] Although the 1st protection-from-light object 32 is formed also on [ some ] the half-protection-from-light field 12 without defects other than defective field 14 in order to obtain correction tolerance, by controlling the 2nd amplitude transmittance, width of face, etc. of the protection-from-light object 34 of the light transmission field 10 which cover 10A in part, optical intensity distribution approach a desired imprint pattern configuration, and desired contact hole pattern width of face is obtained.

[0099] (Deformation of an example -4 [that 2]) Deformation of this example -4 has different structure from the halftone method phase shift mask of an example -4. deformation of this example -4 — a part typical to drawing 14 and drawing 15 — a cutting plane shows. In addition, these cutting planes are cutting planes in alignment with line B-B of (A) of drawing 11. Amplitude transmittances differ as compared with the half-protection-from-light field where the defective field 14 does not have a defect.

[0100] The halftone method phase shift mask shown in drawing 14 consists of the substrate 20 which consists of a quartz, and the half-protection-from-light field 12 formed on it like the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 5. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 which consists of chromium, and a light transmission matter layer 26 (the so-called shifter) which was formed on it and which consists, for example of SOG. The phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 is 180 degrees. The defective field 14 shown in (A) of drawing 14 is the defect of a gestalt in which a part of half-protection-from-light layer 22 was missing. In case the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 which were formed on the substrate 20 are etched and the light transmission field 10 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0101] some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 14 by the same approach as an example -1 — a cutting plane is shown in (B) of drawing 14. moreover, some typical halftone method phase shift masks corrected by the same approach as an example -2 — a cutting plane is shown in (C) of drawing 14.

[0102] The halftone method phase shift mask shown in drawing 15 consists of the substrate 20 which consists of a quartz, and the half-protection-from-light field 12 formed on it. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 which consists of chromium, and the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 (the so-called shifter) which was formed between substrates 20 and which consists, for example of SOG. The phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 is 180 degrees. The defective field 14 is the defect of a gestalt in which a part of half-protection-from-light layer 22 was missing. In case the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 which were formed on the substrate 20 are etched and the light transmission field 10 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0103] some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 15 by the same approach as an example -1 — a cutting plane is shown in (B) of drawing 15. moreover, some typical halftone method phase shift masks corrected by the same approach as an example -2 — a cutting plane is shown in (C) of drawing 15.

[0104] (Example -5) An example -5 is deformation of an example -4. The point that an example -5 differs from an example -4 is in the point that the gestalt of the defect of the defective field 14 is different. Specifically, the thickness of the half-protection-from-light layer 22 in the defective field 14 is thick compared with other parts. The correction approach of the defective field 14 is the same as that of an example -1. Hereafter, with reference to drawing 16 — drawing 18, the defective field 14 is mainly explained.

[0105] The light transmission field 10 of the square which is a contact hole pattern at the halftone method phase shift mask 1 as a top view is shown in part typical to (A) of drawing 16, and the half-protection-from-light field 12 are formed. In addition, the slash was given to the half-protection-from-light field 12. Moreover, it adjoins the 1 side XY of the square light transmission field 10, and

the defective field 14 exists, some typical halftone method phase shift masks in alignment with line B-B and C-C of drawing 16 — a cutting plane is shown in (B) of drawing 16, and (C). The substrate with which 20 consist of a quartz, and 22 are half-protection-from-light layers which consist of the chromium which constitutes the half-protection-from-light field 12 among drawing. The light transmission field 10 is the crevice of depth d formed in the substrate.

[0106] Magnitude of the square light transmission field 10 was set to 1.85micrometerx1.85micrometer on 5 time reticle. Moreover, the amplitude transmittance of the half-protection-from-light field 12 was made into about 40%, and phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 was made into 180 degrees.

[0107] Magnitude of the defective field 14 was set to 1.0micrometerx1.0micrometer on 5 time reticle. Moreover, phase contrast of the light which passed the amplitude transmittance of the defective field 14 through the defective field 14 about 0%, and the light which passed through the light transmission field 10 was made into 180 degrees. In an example -5, the defective field 14 shown in (C) of drawing 16 with the broken line is the defect of a thick gestalt compared with the part of others [ layer / 22 / half-protection-from-light ], and amplitude transmittances differ as compared with a half-protection-from-light field without a defect. It is easy to generate such a defective field 14 by dispersion, such as membrane formation conditions at the time of membrane formation of the half-protection-from-light layer 22.

[0108] When the wavelength of 248nm and NA carried out 0.45 and the partialness coherency carried out cutback exposure with the aligner of 0.3 one fifth using the halftone method phase shift mask which has such a defective field 14, the optical intensity distribution of the light which penetrated the halftone method phase shift mask turned into optical intensity distribution shown on the resist ingredient formed in the wafer at drawing 18.

[0109] When the width of face of an optical intensity-distribution curve in case optical reinforcement is 0.3 was specified as contact hole pattern width of face, the contact hole pattern width of face obtained from the halftone method phase shift mask 1 with which the defective field 14 exists was increasing 0.04 micrometers as compared with contact hole pattern width of face of 0.3 micrometers obtained from the halftone method phase shift mask which is 0.34 micrometers and does not have the defective field 14. Moreover, 0.02 micrometers of cores of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from the halftone method phase shift mask with which the defective field 14 exists had shifted from the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from a halftone method phase shift mask without the defective field 14.

[0110] Halftone method phase shift mask 1A after correction is shown in drawing 17. a part of typical drawing 17 of (A) — a part of (B) of a top view and drawing 17, and typical (C) — as shown in a cutting plane, the larger correction field 16 (the slash was attached in drawing 17) than a defective field is covered with the protection-from-light object 30 which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient, including the defective field 14. furthermore, a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 — 10A is covered with the same protection-from-light object 30. The protection-from-light object 30 consists of carbon, and an amplitude transmittance is about 0%. In addition, (B) of drawing 17 and (C) are the cutting planes in alignment with line B-B and C-C of (A) of drawing 17. in addition, a part of correction field 16 and light transmission field — the magnitude of 10A presupposed that it is the same as that of an example -1.

[0111] By forming such a protection-from-light object 30, the same optical intensity distribution were acquired with (B) of drawing 3 having shown. In this case, contact hole pattern width of face was set to 0.301 micrometers, and was well in agreement to desired contact hole pattern width of face (0.3 micrometers). Moreover, the difference of the core of the peak of this optical intensity-distribution curve and the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from a halftone method phase shift mask without the defective field 14 was also set to less than 0.01 micrometers.

[0112] The correction process in an example -5 is the same as the process of an example -1, and is skipped for details.

[0113] (Deformation of an example -5 [the 1]) The defective field 14 explained in the example -5 is also correctable by the correction approach explained in the example -2.

[0114] the contact hole pattern (refer to drawing 16) which has the defective field shown in the example -5, and the same defective field — receiving — a part of typical drawing 19 — a top view and a part — as shown in a cutting plane, it covers with the 1st protection-from-light object 32 which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient for the correction field 16. moreover, a part of light transmission field contiguous to a correction field — it covers with the 2nd protection-from-light object 34 which has a different amplitude transmittance from the amplitude transmittance with which the 1st protection-from-light object has 10A. Like the example -2, the 1st protection-from-light object 32 consisted of carbon, and made the amplitude transmittance about 0%. Moreover, the 2nd protection-from-light object 34 also consisted of carbon, and made the amplitude transmittance about 20%. The amplitude transmittance is changed by setting thickness of the 1st protection-from-light object 32 and the 2nd protection-from-light object 34 to 300nm and 150nm, respectively.

[0115] Correction of the defective field 14 can be made like an example -2, and detailed explanation is omitted. In addition, magnitude of the correction field 16 was made into 2.0micrometerx2.0micrometer magnitude. moreover, a part of light transmission field — 0.7 micrometers 10A has extended toward the center section of the light transmission field from one side of the light transmission field 10. In this way, halftone method phase shift mask 1B by which the defective field 14 was corrected can be obtained.

[0116] although the 1st protection-from-light object 32 is formed also on [ some ] the half-protection-from-light field 12 without defects other than defective field 14 in order to obtain correction tolerance — a part of light transmission field — by controlling the 2nd amplitude transmittance, width of face, etc. of the protection-from-light object 34 which cover 10A, optical intensity distribution approach a desired imprint pattern configuration, and desired contact hole pattern width of face is obtained.

[0117] Although the thickness of the half-protection-from-light layer 22 in the defective field 14 gave the thick example compared with other parts and an example -5 or its deformation was explained, the thickness of the half-protection-from-light layer 22 in the defective field 14 can correct by the completely same approach as an example -5 or its deformation, also when thin compared with other parts.

[0118] (Deformation of an example -5 [that 2]) Deformation of this example -5 has different structure from the halftone method phase shift mask of an example -5, deformation of this example -5 — a part typical to drawing 20 and drawing 21 — a cutting plane shows. In addition, these cutting planes are cutting planes in alignment with line C-C of (A) of drawing 16. Amplitude transmittances differ as compared with the half-protection-from-light field where the defective field 14 shown with the broken line does not have a defect.



[0119] The halftone method phase shift mask shown in drawing 20 consists of the substrate 20 which consists of a quartz, and the half-protection-from-light field 12 formed on it. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 which consists of chromium, and a light transmission matter layer 26 (the so-called shifter) which was formed on it and which consists, for example of SOG. The phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 is 180 degrees. The defective field 14 shown in (A) of drawing 20 with the broken line is the defect of a gestalt in which a part of half-protection-from-light layer 22 is thick, and amplitude transmittances differ. In case the half-protection-from-light layer 22 is formed on a substrate 20, it is easy to generate such a defective field 14.

[0120] some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 20 by the same approach as an example -1 — a cutting plane is shown in (B) of drawing 20. moreover, some typical halftone method phase shift masks corrected by the same approach as an example -2 — a cutting plane is shown in (C) of drawing 20.

[0121] The halftone method phase shift mask shown in drawing 21 consists of the substrate 20 which consists of a quartz, and the half-protection-from-light field 12 formed on it. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 which consists of chromium, and the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 (the so-called shifter) which was formed between substrates 20 and which consists, for example of SOG. The phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 is 180 degrees. A part of half-protection-from-light layer 22 is the defect of a gestalt in which the defective field 14 shown in (A) of drawing 21 with the broken line is also thick, and amplitude transmittances differ. In case the half-protection-from-light layer 22 is formed on a substrate 20, it is easy to generate such a defective field 14.

[0122] some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 21 by the same approach as an example -1 — a cutting plane is shown in (B) of drawing 21. moreover, some typical halftone method phase shift masks corrected by the same approach as an example -2 — a cutting plane is shown in (C) of drawing 21.

[0123] (Example -6) The defect (defect of the half-protection-from-light layer 22 which constitutes the half-protection-from-light field 12 at least) and gestalt in the halftone method phase shift mask which explained the defect in the halftone method phase shift mask in an example -6 in the example -1, the example -2, the example -4, and the example -5 differ from each other.

[0124] The half-protection-from-light field 12 in the halftone method phase shift mask of an example -6 consists of the half-protection-from-light layer 22 formed the light transmission matter layer 26 which consisted of the light transmission matter layer 26 formed the half-protection-from-light layer 22 formed on the substrate 20, and on it, or was formed on the substrate 20, and on it, and the gestalt of a defect — a part of light transmission matter layer 26 — it is a difference of the thickness of lack or the light transmission matter layer 26. That is, the phases of light differ as compared with the half-protection-from-light field where the defective field 14 does not have a defect.

[0125] drawing 22 — some typical halftone method phase shift masks of an example -6 — a cutting plane is shown. In addition, (B) of drawing 22 and the cutting plane of (C) are cutting planes in alignment with line B-B and C-C of (A) of drawing 22. Phases differ as compared with the half-protection-from-light field where the defective field 14 shown with the broken line does not have a defect.

[0126] The halftone method phase shift mask shown in drawing 22 consists of the substrate 20 which consists of a quartz, and the half-protection-from-light field 12 formed on it. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 which consists of chromium, and a light transmission matter layer 26 (the so-called shifter) which was formed on it and which consists, for example of SOG. The phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 is 180 degrees. Thickness  $d$  of the light transmission matter layer 26 is a value with which are satisfied of  $d = \lambda / (2(n-1))$ , when the refractive index of  $\lambda$  and a light transmission matter layer is set to  $n$  for the wavelength of exposure light.

[0127] The defective field 14 shown in (C) of drawing 22 with the broken line is the defect of a gestalt in which a part of light transmission matter layer 26 was missing. In case the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 which were formed on the substrate 20 are etched and the light transmission field 10 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0128] Magnitude of the square light transmission field 10 was set to 1.85micrometerx1.85micrometer on 5 time reticle. Moreover, the amplitude transmittance of the half-protection-from-light field 12 was made into about 40%, and phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 was made into 180 degrees.

[0129] Magnitude of the defective field 14 was set to 1.0micrometerx1.0micrometer on 5 time reticle. Moreover, phase contrast of the light which passed the amplitude transmittance of the defective field 14 through the defective field 14 about 40%, and the light which passed through the light transmission field 10 was made into 0 degree.

[0130] When the wavelength of 248nm and NA carried out 0.45 and the partialness coherency carried out cutback exposure with the aligner of 0.3 one fifth using the halftone method phase shift mask 1 which has such a defective field 14, the optical intensity distribution of the light which penetrated the halftone method phase shift mask 1 turned into optical intensity distribution shown on the resist ingredient formed in the wafer at (A) of drawing 27.

[0131] When the width of face of an optical intensity-distribution curve in case optical reinforcement is 0.3 was specified as contact hole pattern width of face, the contact hole pattern width of face obtained from the halftone method phase shift mask with which the defective field 14 exists was increasing 0.06 micrometers as compared with contact hole pattern width of face of 0.3 micrometers obtained from the halftone method phase shift mask which is 0.36 micrometers and does not have the defective field 14. Moreover, 0.03 micrometers of cores of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from the halftone method phase shift mask with which the defective field 14 exists had shifted from the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from the halftone method phase shift mask without the defective field 14.

[0132] Halftone method phase shift mask 1A after the correction by the same correction approach as an example -1 is shown in drawing 23. a part of typical drawing 23 of (A) — a part of (B) of a top view and drawing 2, and typical (C) — as shown in a cutting plane, the larger correction field 16 (the slash was attached in drawing 23) than a defective field is covered with the protection-from-light object 30 which has the amplitude transmittance which does not expose a resist ingredient, including the defective field 14, furthermore, a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 — 10A is covered with the same protection-from-light object 30. The protection-from-light object 30 consists of carbon, and an amplitude transmittance is about 0%. In addition, (B) of

drawing 23 and (C) are the cutting planes in alignment with line B-B and C-C of (A) of drawing 23. in addition, a part of correction field 16 and light transmission field -- the magnitude of 10A presupposed that it is the same as that of an example -1.

[0133] By forming such a protection-from-light object 30, the same optical intensity distribution were acquired, and in this case, contact hole pattern width of face was set to 0.301 micrometers, and was well in agreement with having been shown in (B) of drawing 3 to desired contact hole pattern width of face (0.3 micrometers). Moreover, the difference of the core of the peak of this optical intensity-distribution curve and the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from a halftone method phase shift mask without the defective field 14 was also set to less than 0.01 micrometers.

[0134] Correction of the defective field 14 in this example -6 can be made to be the same as that of an example -1, and detailed explanation is omitted.

[0135] (Deformation of an example -6 [the 1]) The defective field 14 shown in drawing 22 is correctable by the same approach as an example -2. some typical halftone method phase shift masks corrected by the same approach as such an example -2 -- a cutting plane is shown in (A) of drawing 24.

[0136] (Deformation of an example -6 [the 2]) some typical halftone method phase shift masks corrected to (B) of drawing 24. and (C) according to another deformation of an example -6 -- a cutting plane is shown. (B) of drawing 24 and the cutting plane of (C) are cutting planes in alignment with line C-C of (A) of drawing 22. Phases differ as compared with the half-protection-from-light field where the defective field 14 does not have a defect. Specifically, the thickness of the light transmission matter layer 26 differs from other parts. In case the light transmission matter layer 26 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0137] The cutting plane of (B) of drawing 24 is the example which corrected the defective field 14 based on the correction approach of an example -1, and the cutting plane of (C) of drawing 24 is the example which corrected the defective field 14 based on the correction approach of an example -2.

[0138] Magnitude of the square light transmission field 10 was set to 1.85micrometerx1.85micrometer on 5 time reticle. Moreover, the amplitude transmittance of the half-protection-from-light field 12 was made into about 40%, and phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 was made into 180 degrees.

[0139] Magnitude of the defective field 14 was set to 1.0micrometerx1.0micrometer on 5 time reticle. Moreover, phase contrast of the light which passed the amplitude transmittance of the defective field 14 through the defective field 14 about 40%, and the light which passed through the light transmission field 10 was made into 90 degrees.

[0140] When the wavelength of 248nm and NA carried out 0.45 and the partialness coherency carried out cutback exposure with the aligner of 0.3 one fifth using the halftone method phase shift mask 1 which has such a defective field 14, the optical intensity distribution of the light which penetrated the halftone method phase shift mask 1 turned into optical intensity distribution shown on the resist ingredient formed in the wafer at (B) of drawing 27.

[0141] When the width of face of an optical intensity-distribution curve in case optical reinforcement is 0.3 was specified as contact hole pattern width of face, the contact hole pattern width of face obtained from the halftone method phase shift mask with which the defective field 14 exists was increasing 0.04 micrometers as compared with contact hole pattern width of face of 0.3 micrometers obtained from the halftone method phase shift mask which is 0.34 micrometers and does not have the defective field 14. Moreover, 0.02 micrometers of cores of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from the halftone method phase shift mask with which the defective field 14 exists had shifted from the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from the halftone method phase shift mask without the defective field 14.

[0142] When the defective field 14 is corrected based on the correction approach of an example -1 (refer to (B) of drawing 24), Or when the defective field 14 is corrected based on the correction approach of an example -2 (refer to (C) of drawing 24), The same optical intensity distribution were acquired, and in this case, contact hole pattern width of face was set to 0.301 micrometers, and was well in agreement with having been shown in (B) of drawing 3 to desired contact hole pattern width of face (0.3 micrometers). Moreover, the difference of the core of the peak of this optical intensity-distribution curve and the core of the peak of the optical intensity-distribution curve obtained from a halftone method phase shift mask without the defective field 14 was also set to less than 0.01 micrometers.

[0143] Correction of the defective field 14 in this example -8 can be made to be the same as that of an example -1 or an example -2, and detailed explanation is omitted.

[0144] (Deformation of an example -6 [that 3]) Deformation of this example -6 is substantially [ as deformation [that 1] of an example -6 ] the same except for deformation [that 1] of an example -6 differing from the structure of a halftone method phase shift mask. This halftone method phase shift mask consists of the substrate 20 which consists of a quartz, and the half-protection-from-light field 12 formed on it. The half-protection-from-light field 12 consists of a half-protection-from-light layer 22 which consists of chromium, and the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 (the so-called shifter) which was formed between substrates 20 and which consists, for example of SOG. The phase contrast of the light which passed through the light transmission field 10, and the light which passed through the half-protection-from-light field 12 is 180 degrees. The defective field 14 is the defect of a gestalt in which a part of light transmission matter layer 26 was missing. In case the half-protection-from-light layer 22 and the light transmission matter layer 26 which were formed on the substrate 20 are etched and the light transmission field 10 is formed, it is easy to generate such a defective field 14.

[0145] some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 25 by the same approach as an example -1 -- a cutting plane is shown in (B) of drawing 25. moreover, some typical halftone method phase shift masks corrected by the same approach as an example -2 -- a cutting plane is shown in (C) of drawing 25.

[0146] (Deformation of an example -6 [that 4]) The halftone method phase shift mask of deformation of this example -6 has the same structure as deformation [that 3] of an example -6. The gestalt of the defect in this halftone method phase shift mask is substantially [ as deformation [that 2] of an example -6 ] the same.

[0147] some typical halftone method phase shift masks which corrected the halftone method phase shift mask shown in (A) of drawing 26 by the same approach as an example -1 -- a cutting plane is shown in (B) of drawing 26. moreover, some typical halftone method phase shift masks corrected by the same approach as an example -2 -- a cutting plane is shown in (C) of drawing 26.

[0148] In addition, in a part of example -6, although explained taking the case of the case where the light transmission matter layer 26 is thick, when the light transmission matter layer 26 is thin, it can correct similarly.



[0149] As mentioned above, although this invention was explained based on the desirable example, this invention is not limited to these examples. The conditions and numeric value which were explained in the example are instantiation, and can be changed suitably. The configuration and magnitude of the light transmission field 10 and the defective field 14 are instantiation.

[0150] a part of light transmission field contiguous to the correction field 16 or the correction field 16 — the magnitude of 10A, the amplitude transmittance of the protection-from-light section, etc. can be suitably changed according to defective area size, a configuration, a location and exposure wavelength, exposure conditions, etc. As long as there is no effect in an imprint pattern configuration, depending on the case, a part of defective field 14 may overflow the correction field 16.

[0151] In each example, although the defective field 14 contiguous to a contact hole pattern was explained, this invention is not limited to a contact hole pattern. This invention can be applied to all various kinds of device patterns very easily. Moreover, the defective field 14 does not necessarily need to adjoin the light transmission field 10, and it may exist near the light transmission field 10 so that it may illustrate to drawing 28 or drawing 29.

[0152] some typical halftone method phase shift masks 1 which are the same defective gestalten and include the defective field 14 with drawing 28 having been shown in drawing 11 — a top view — (A) of drawing 28 — moreover, a part — a cutting plane is shown in (B) of drawing 28, a part of halftone method phase shift mask 1A corrected by the same approach as an example -1 — a \*\*\*\* Fig. is shown in (C) of drawing 28.

[0153] some typical halftone method phase shift masks 1 which are the same defective gestalten and include the defective field 14 with drawing 29 having been shown in drawing 17 — a top view — (A) of drawing 29 — moreover, a part — a cutting plane is shown in (B) of drawing 29, a part of halftone method phase shift mask 1A corrected by the same approach as an example -1 — a part of halftone method phase shift mask 1B which corrected the \*\*\*\* Fig. by the approach same to (C) of drawing 29 as an example -2 — a \*\*\*\* Fig. is shown in (D) of drawing 29.

[0154] What is necessary is just to set up suitably the formation field of the protection-from-light object 30 or 1st. and 2nd protection-from-light objects 32 and 34 depending on a location or a configuration of a defective field etc. in this case, a part of light transmission field close to the correction field 16 and the correction field 16 — as shown in (C) of drawing 28, even if it is unified, the protection-from-light object 30 or 1st. and 2nd protection-from-light objects 32 and 34 formed on 10A may be separate as shown in (C) of drawing 29, or (D).

[0155] As means forming of a protection-from-light object, although a laser beam or an electron beam may be used, a protection-from-light object can be formed with the sufficient control by using a focused ion beam desirably. Although Ga<sup>+</sup> ion beam was used as a convergence ion beam in formation of a protection-from-light object, an ion beam is not limited to this, and if it is an ion beam which can form a protection-from-light object, it can use any ion beams. Moreover, in order to form a protection-from-light object, pyrene gas was used as carbon content gas, but it is not limited to pyrene gas, and any gas can be used if it is gas containing carbon.

[0156] A half-protection-from-light layer can constitute light from an ingredient which can carry out suitable amount protection from light besides chromium. Moreover, it can constitute from an ingredient of the arbitration which has protection-from-light functions by which the laminating was carried out on chromium, chrome oxide, and chromium, such as chrome oxide and refractory metals (W, Mo, Be, etc.), as a protection-from-light object besides carbon, and the formation approach can be suitably chosen depending on the ingredient to be used. For example, a protection-from-light object can consist of Cr(s), Mo and W which were formed with the laser CVD method, or these oxides. The light transmission matter layer 26 is not limited to SOG, either, but should just be transparent ingredients, such as polymethylmethacrylate, magnesium fluoride, a titanium dioxide, polyimide resin, a silicon dioxide, indium oxide, SiO<sub>2</sub> and SiN, and various resists.

[0157] The amplitude transmittance of the half-protection-from-light field 12 is not limited to 40%, and should just be a larger and value smaller than 55% than 0%. It is [ that the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object 34 formed on 10A is not limited to 20%, and the light transmission field contiguous to the correction field 16 should just be a larger and value smaller than 100% than 0% a part ] desirable to choose a larger amplitude transmittance smaller than 50% than 0%. In addition, measurement of an amplitude transmittance was measured using the spectrum photometer U-3200 by Hitachi, Ltd. In addition, the transmitted light reinforcement when setting to 1 luminous intensity which penetrated the light transmission field in exposure wavelength is measured, and let this be permeability on the strength [ optical ]. An amplitude transmittance becomes the square root of permeability on the strength [ optical ].

[0158] In the example-1 grade, the amplitude transmittance of the protection-from-light object 30 of the light transmission field contiguous to the correction field 16 top and the correction field 16 formed on 10A in part was made the same. moreover, a part of light transmission field which adjoins the correction field 16 in example-2 grade — the amplitude transmittance of the 2nd protection-from-light object 34 formed on 10A and the 1st protection-from-light object 32 formed on the correction field 16 was changed. However, the same effectiveness is acquired even if it changes suitably the amplitude transmittance of these protection-from-light objects continuously.

[0159] [Effect of the Invention] A defective field can be corrected in this invention, without being strictly dependent on defective area size or a configuration. That is, in the usual correction precision, a defective field is correctable with high correction tolerance. Moreover, with regards to the gestalt of a defect, a defective field is [ that there is nothing ] correctable. And an imprint and degradation of the depth of focus can be prevented to the resist ingredient of the defective field by optical exposure.

[0160] Moreover, since a part of light transmission field which adjoins or approaches a correction field is covered with a protection-from-light object, change from the pattern configuration of a request of the imprint pattern configuration produced when only a correction field is covered with a protection-from-light object can be amended. And a desired imprint pattern configuration and desired sufficient depth of focus can obtain these [ all ] precisely further by the width of face of a protection-from-light object, the location or permeability, and controlling precisely.

[0161] Furthermore, a desired imprint pattern configuration can be efficiently acquired precisely by controlling precisely the location and magnitude from which it asked for the location and magnitude of a suitable protection-from-light object by an experiment, count, etc. beforehand from the correction field, and the protection-from-light object was acquired.

[0162] By this invention, a halftone method phase shift mask can be corrected easily and simple, the throughput of halftone method phase shift mask production improves, and cost can also be reduced.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] It is the mimetic diagram of a halftone method phase shift mask including the defective field in an example -1.
- [Drawing 2] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask by which the defective field in an example -1 was corrected.
- [Drawing 3] It is drawing showing the optical intensity distribution of the light which passed the halftone method phase shift mask before correction, and the halftone method phase shift mask after the correction in an example -1.
- [Drawing 4] It is drawing showing the correction field in an example -1.
- [Drawing 5] the halftone method phase shift mask before correction of the example -1 which has structure other than the structure shown in drawing 1, and after correction is typical — it is a cutting plane a part.
- [Drawing 6] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask by which the defective field in an example -2 was corrected.
- [Drawing 7] It is drawing showing the optical intensity distribution of the light which passed the halftone method phase shift mask after the correction in an example -2.
- [Drawing 8] the halftone method phase shift mask before correction of the example -2 which has structure other than the structure shown in drawing 6, and after correction is typical — it is a cutting plane a part.
- [Drawing 9] It is the mimetic diagram of a halftone method phase shift mask including the defective field in an example -3.
- [Drawing 10] It is the mimetic diagram of a halftone method phase shift mask including the defective field in an example -4.
- [Drawing 11] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask by which the defective field in an example -4 corrected based on the correction approach explained in the example -1 was corrected.
- [Drawing 12] It is drawing showing the optical intensity distribution of the light which passed the halftone method phase shift mask before the correction in an example -4.
- [Drawing 13] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask after correction of an example -4 corrected based on the correction approach explained in the example -2.
- [Drawing 14] the halftone method phase shift mask before correction of the example -4 which has structure other than the structure shown in drawing 10, and after correction is typical — it is a cutting plane a part.
- [Drawing 15] the halftone method phase shift mask before correction of the example -4 which has structure other than the structure shown in drawing 14, and after correction is typical — it is a cutting plane a part.
- [Drawing 16] It is the mimetic diagram of a halftone method phase shift mask including the defective field in an example -5.
- [Drawing 17] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask by which the defective field in an example -5 corrected based on the correction approach explained in the example -1 was corrected.
- [Drawing 18] It is drawing showing the optical intensity distribution of the light which passed the halftone method phase shift mask before the correction in an example -5.
- [Drawing 19] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask after correction of an example -5 corrected based on the correction approach explained in the example -2.
- [Drawing 20] the halftone method phase shift mask before correction of the example -5 which has structure other than the structure shown in drawing 16, and after correction is typical — it is a cutting plane a part.
- [Drawing 21] the halftone method phase shift mask before correction of the example -5 which has structure other than the structure shown in drawing 20, and after correction is typical — it is a cutting plane a part.
- [Drawing 22] It is the mimetic diagram of a halftone method phase shift mask including the defective field in an example -6.
- [Drawing 23] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask by which the defective field in an example -6 corrected based on the correction approach explained in the example -1 was corrected.
- [Drawing 24] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask by which the defective field in an example -6 corrected based on the correction approach explained in the example -1 and the example -2 was corrected.
- [Drawing 25] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask by which the defective field in an example -6 corrected based on the correction approach explained in the example -1 and the example -2 was corrected.
- [Drawing 26] It is the mimetic diagram of the halftone method phase shift mask by which the defective field in an example -6 corrected based on the correction approach explained in the example -1 and the example -2 was corrected.
- [Drawing 27] It is drawing showing the optical intensity distribution of the light which passed the halftone method phase shift mask before the correction in an example -6.
- [Drawing 28] It is the mimetic diagram showing a defect when the defective field 14 exists near the light transmission field 10, and its correction.
- [Drawing 29] It is the mimetic diagram showing a defect when the defective field 14 exists near the light transmission field 10, and its correction.
- [Drawing 30] It is drawing showing the structure of the conventional phase shift mask.
- [Drawing 31] It is drawing showing the structure of the conventional halftone method phase shift mask.
- [Drawing 32] It is drawing showing the defect in the conventional halftone method phase shift mask.

[Description of Notations]

1 Halftone Method Phase Shift Mask  
10 Light Transmission Field  
10A A part of light transmission field which adjoined or approached the correction field 16  
10B Some substrates  
12 Half-Protection-from-Light Field  
14 Defective Field  
16 Correction Field  
18 Protection-from-Light Field  
20 Substrate  
22 Half-Protection-from-Light Layer  
24 Phase Shift Field  
26 Light Transmission Matter Layer  
30 Protection-from-Light Object  
32 1st Protection-from-Light Object  
34 2nd Protection-from-Light Object

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

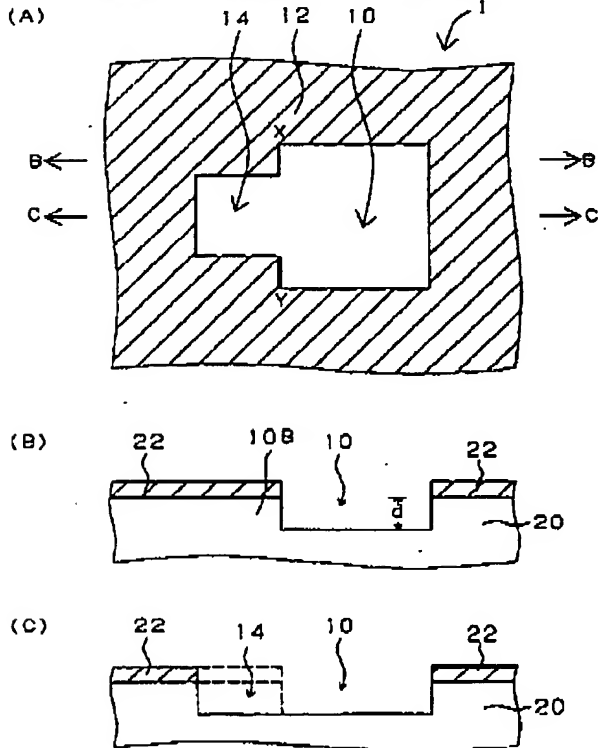
JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

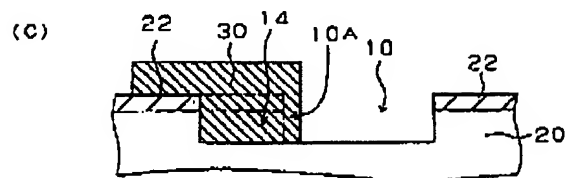
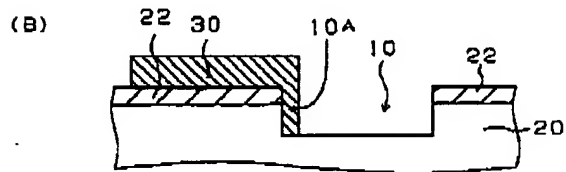
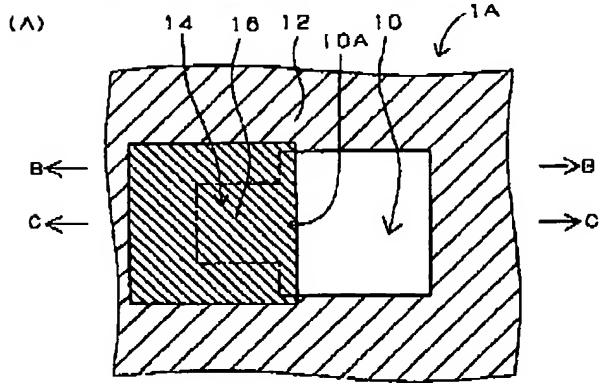
[Drawing 1]

(実施例-1) 修正前のハーフトーン方式位相シフトマスク

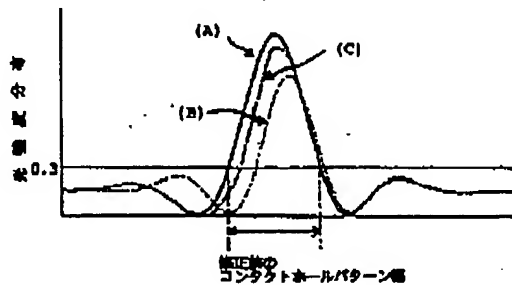


[Drawing 2]

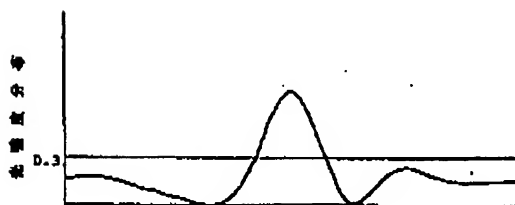
(実施例-1) 修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク



[Drawing 3]  
(A)

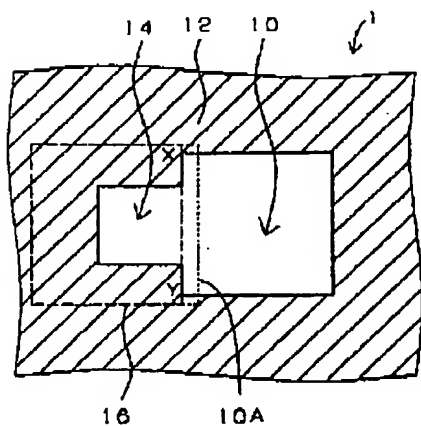


(B)



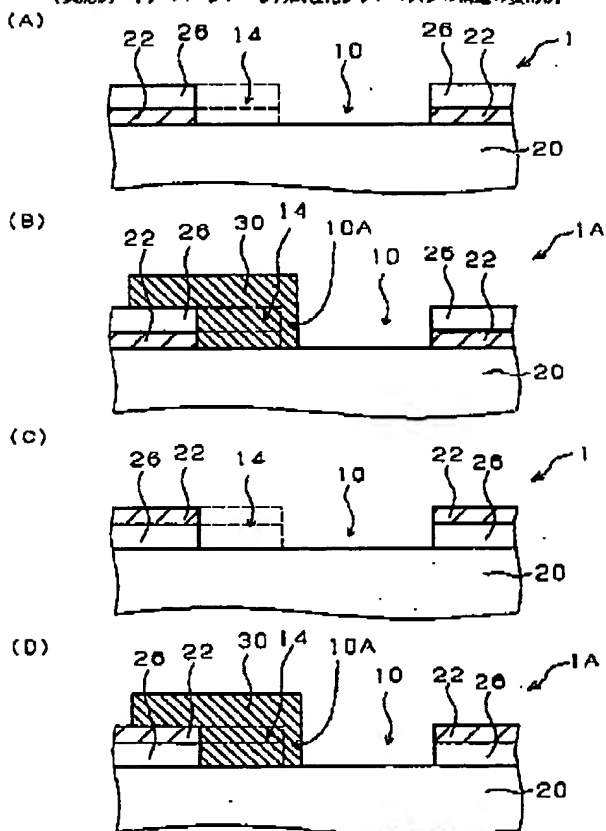
[Drawing 4]





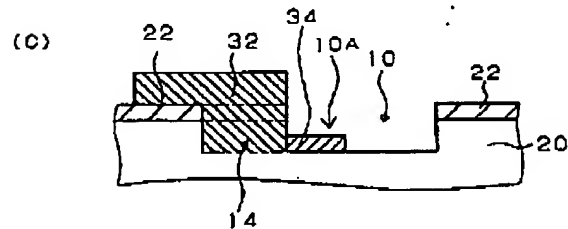
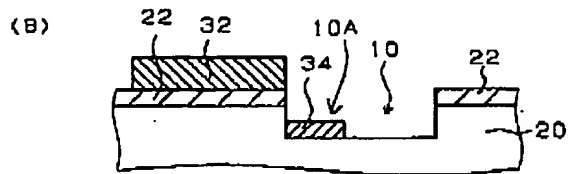
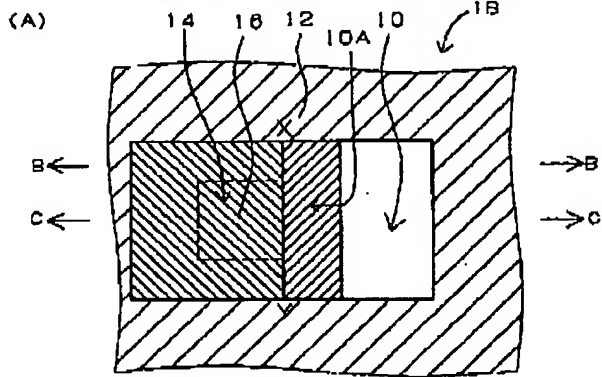
[Drawing 5]

(実施例-1) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の變形例

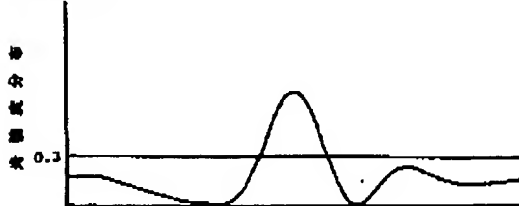


[Drawing 6]

(実施例-2) 矯正後のハーフトーン方式位相シフトマスク

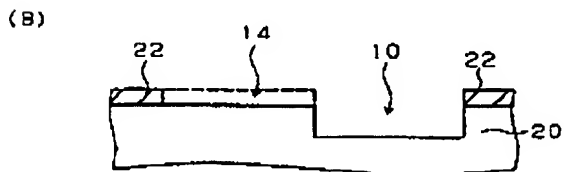
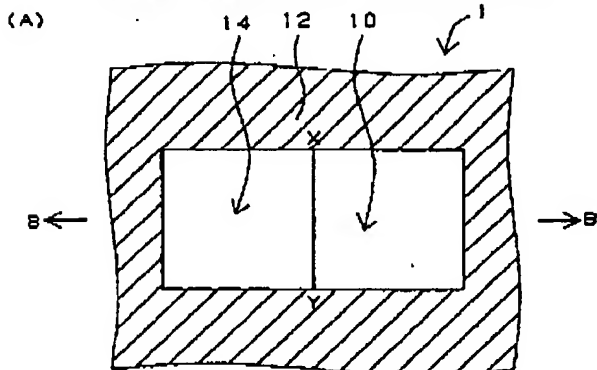


[Drawing 7]

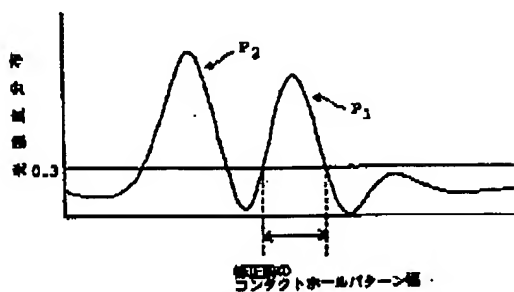


[Drawing 10]

(実施例-4) 矯正前のハーフトーン方式位相シフトマスク

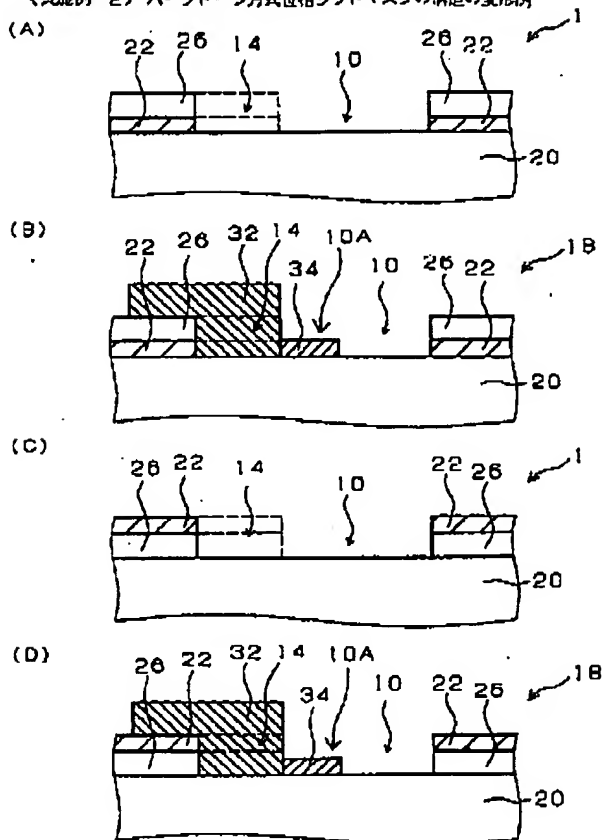


[Drawing 12]



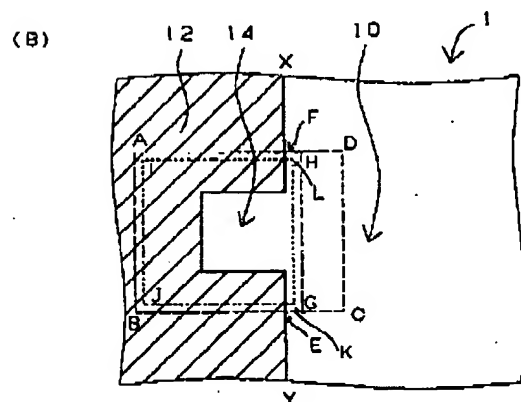
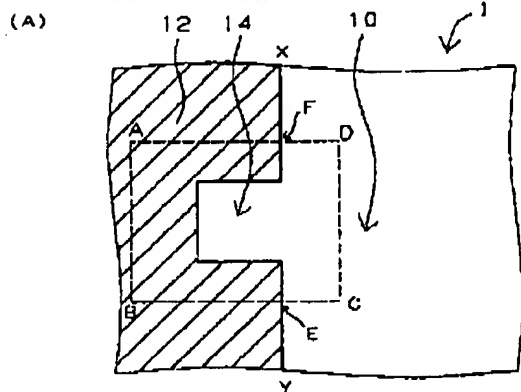
[Drawing 8]

(実施例-2) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の実形例



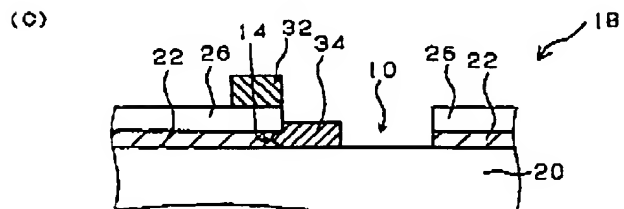
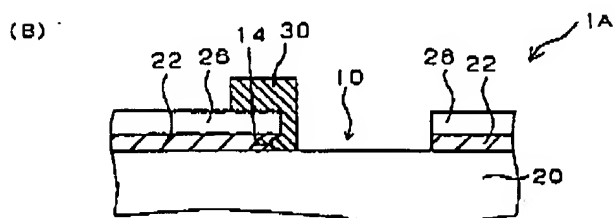
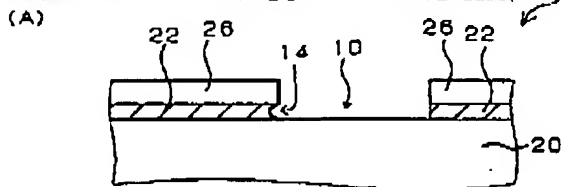
[Drawing 9]

(実施例-3) 修正前のハーフトーン方式位相シフトマスク

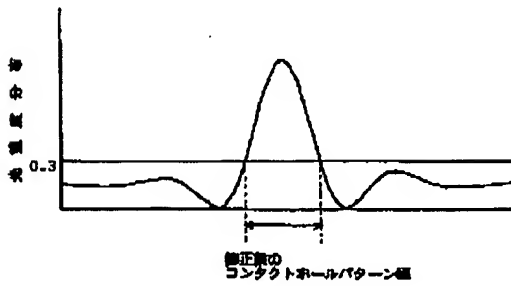


[Drawing 14]

(実施例-4) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の変形例

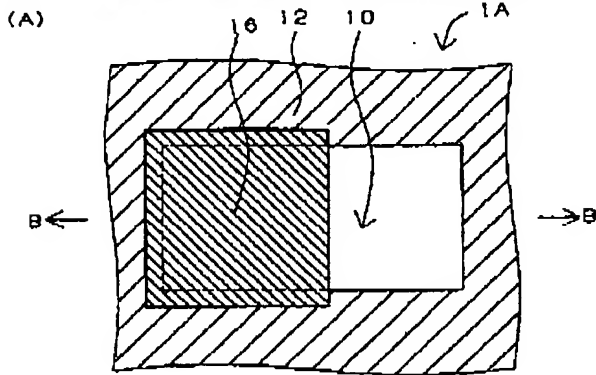


[Drawing 18]

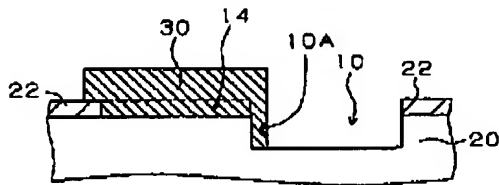


[Drawing 11]

(実施例-1) 修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク

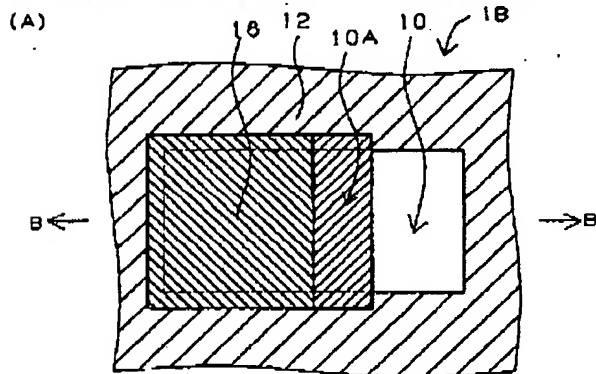


(B)

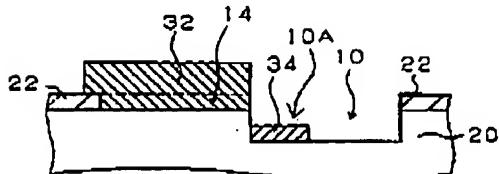


[Drawing 13]

(実施例-4の変形) 修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク

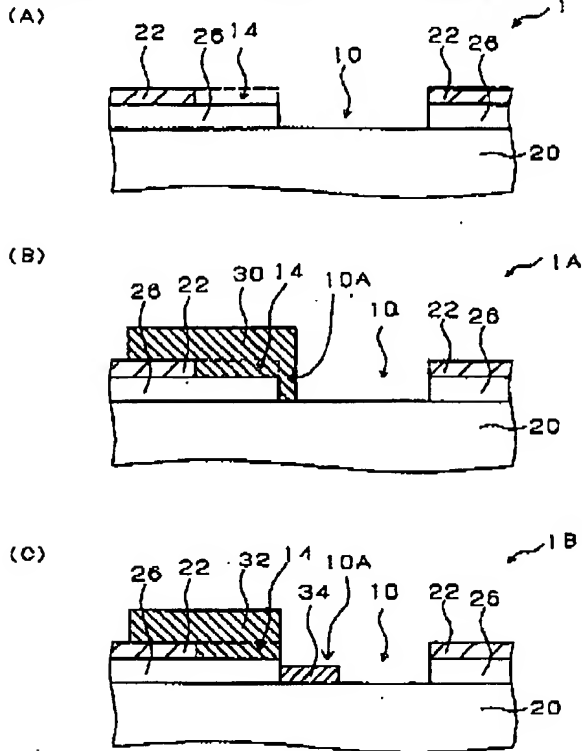


(B)



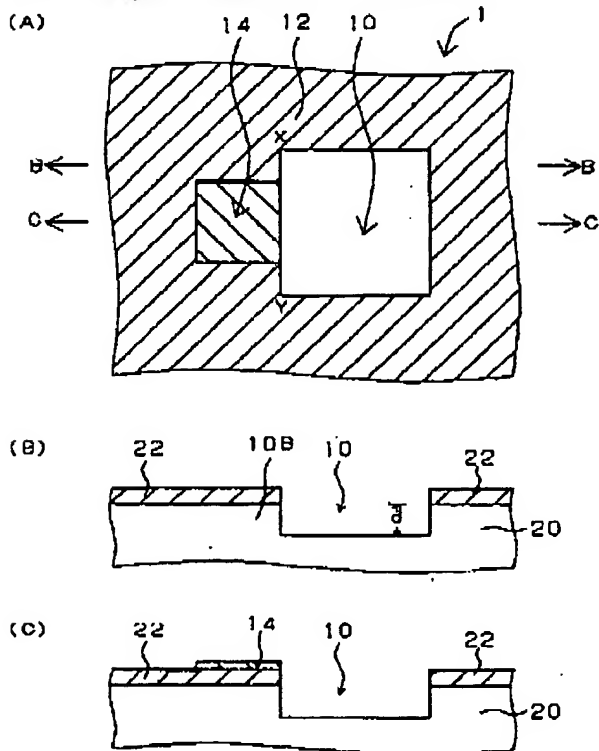
[Drawing 15]

(実施例-4) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の变形例



[Drawing 16]

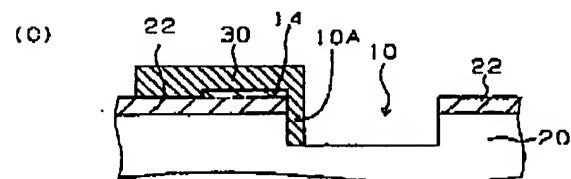
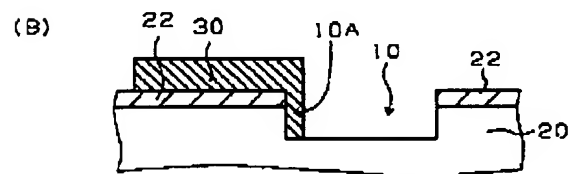
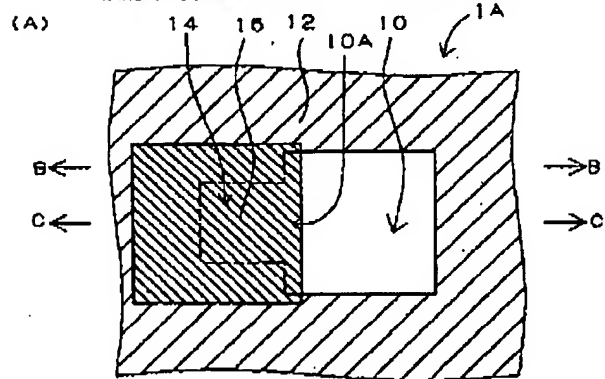
(実施例-5) 修正前のハーフトーン方式位相シフトマスク



[Drawing 17]

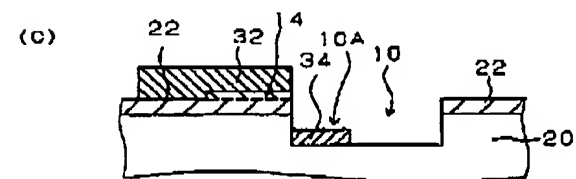
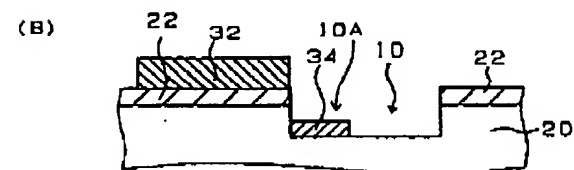
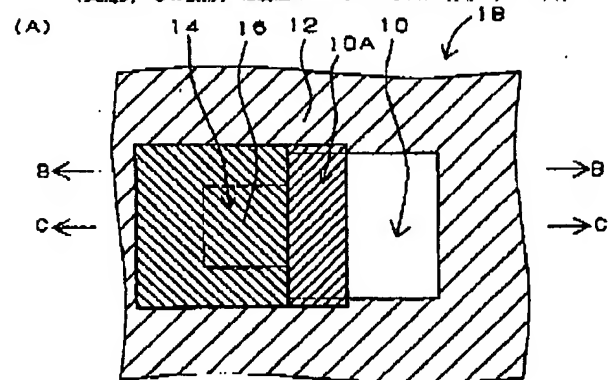


(実施例-5) 修正後のハートーン方式位相シフトマスク



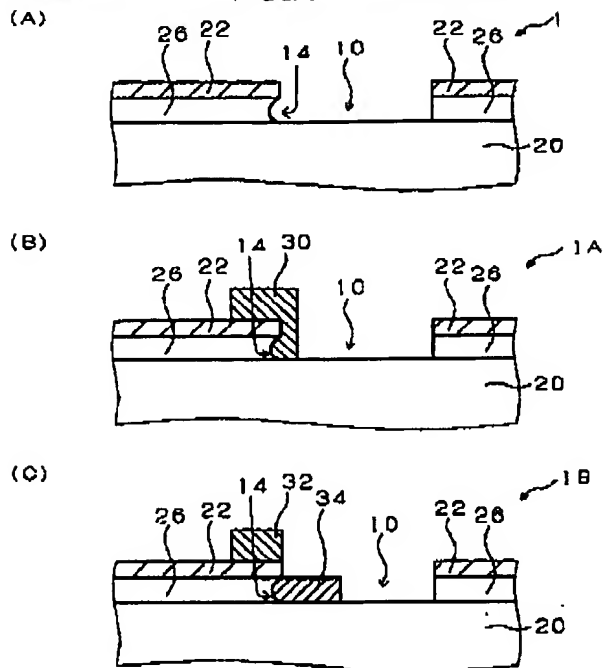
**[Drawing 19]**

(実施例-5の要形) 修正値のハーフトーン方式位相シフトマスク



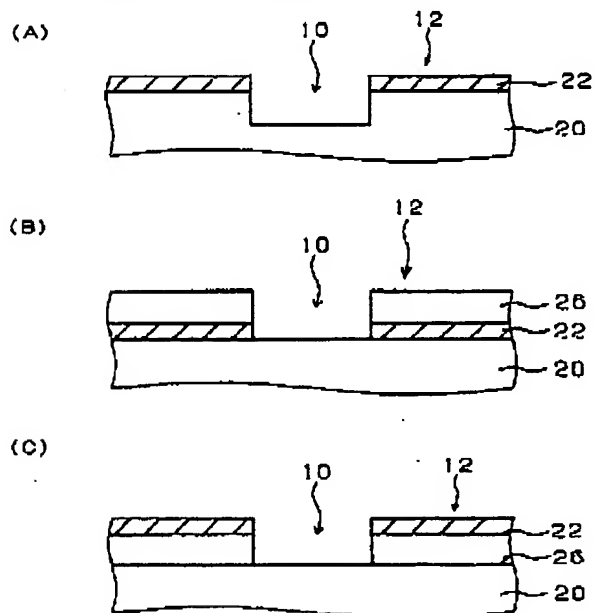
[Drawing 25]

(実施例-6) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の変形例



[Drawing 31]

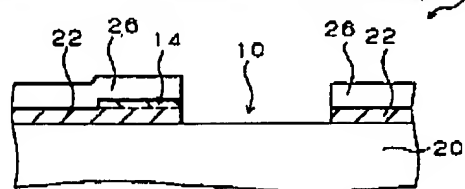
従来のハーフトーン方式位相シフトマスク



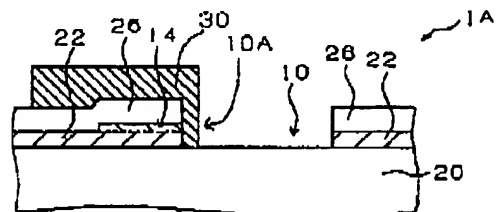
[Drawing 20]

(実施例-5) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の変形例

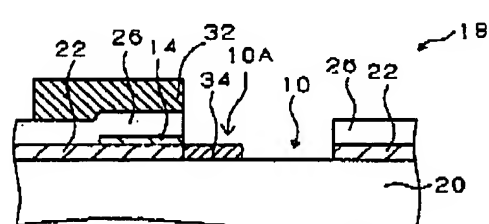
(A)



(B)



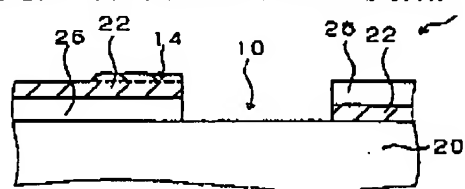
(C)



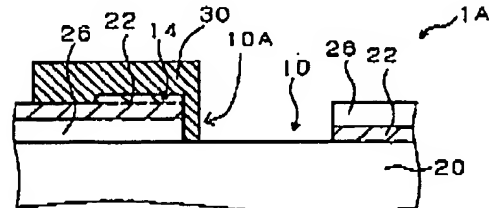
**[Drawing 21]**

(実施例-5) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の変形例

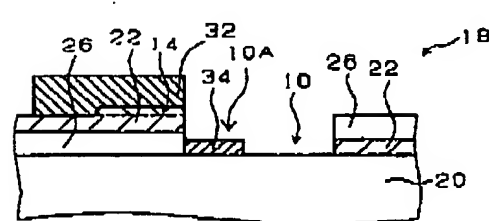
(A)



(B)

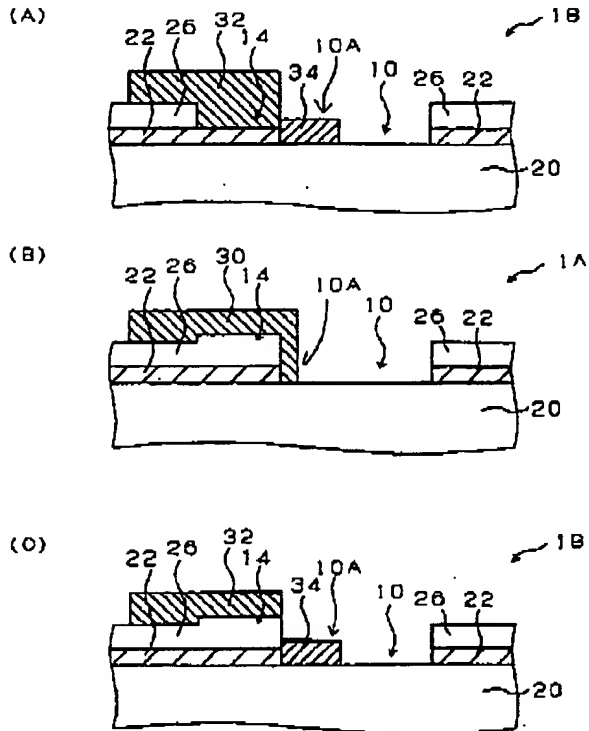


(C)



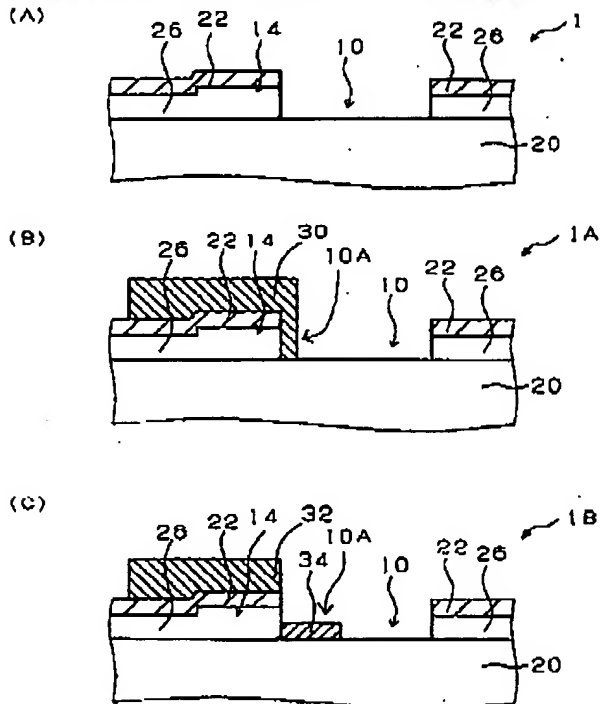
**[Drawing 24]**

(実施例-6) 修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク



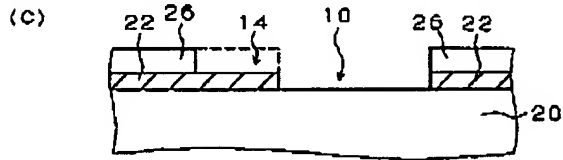
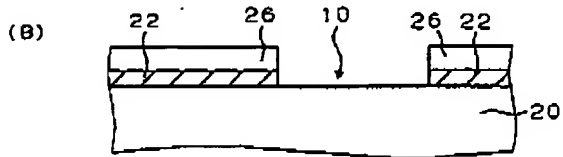
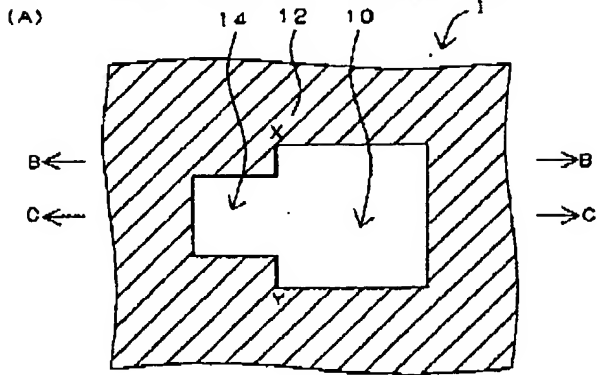
[Drawing 26]

(実施例-6) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の変形例



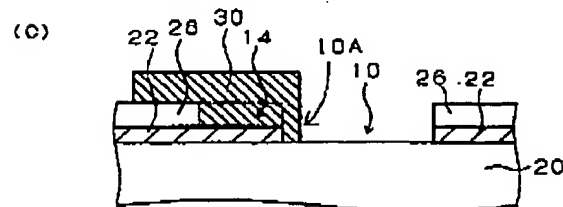
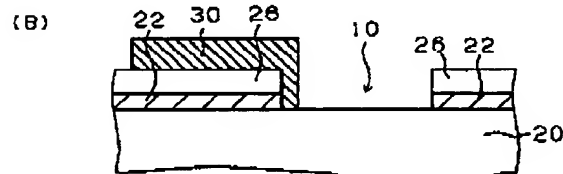
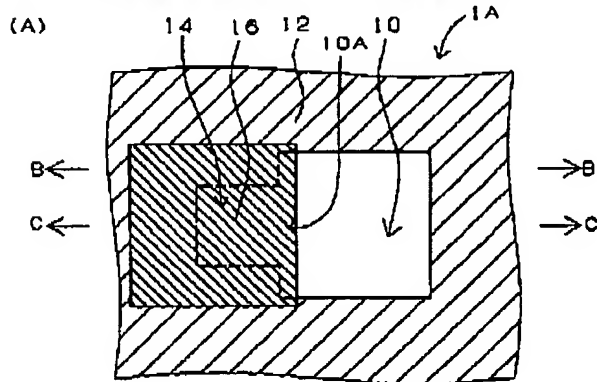
[Drawing 22]

(実施例-6) 修正前のハーフトーン方式位相シフトマスク



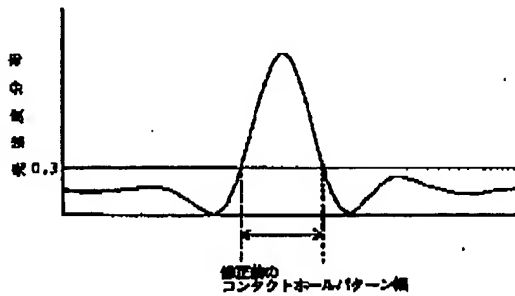
[Drawing 23]

(実施例-6) 修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク

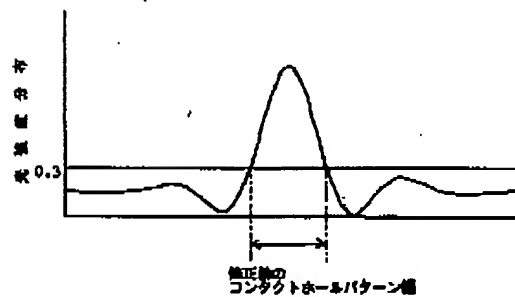


[Drawing 27]

(A)

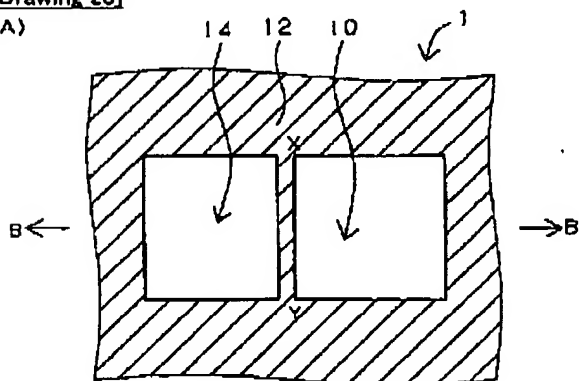


(B)

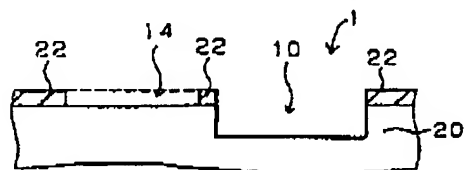


[Drawing 28]

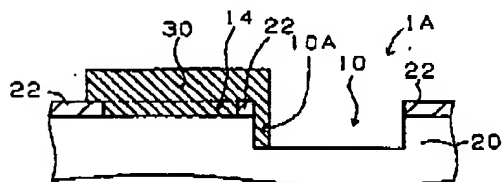
(A)



(B)

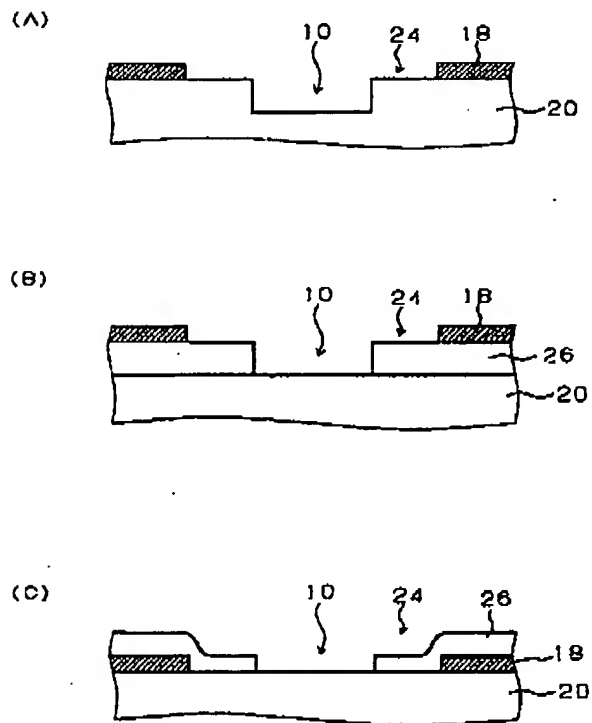


(C)

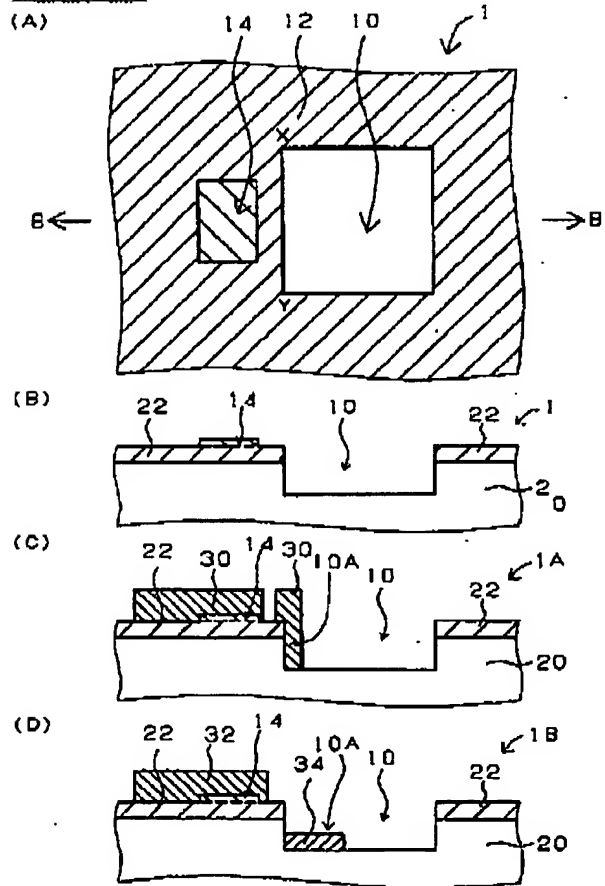


[Drawing 30]

従来の位相シフトマスク



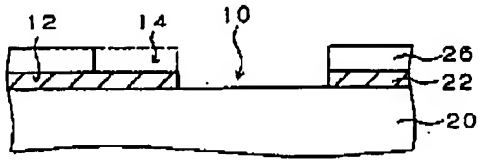
[Drawing 29]



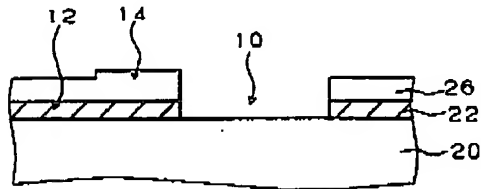
[Drawing 32]

従来のハーフトーン方式位相シフトマスクにおける欠陥例

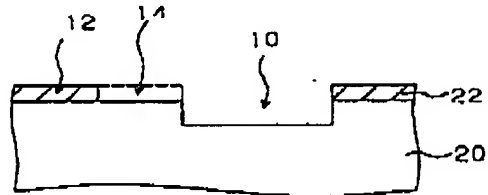
(A)



(B)



(C)



[Translation done]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-347994

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int. Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	P I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A	7352-4M	H 0 1 L 21/30	3 0 1 P
H 0 1 L 21/027		7352-4M		3 0 1 W

審査請求 未請求 請求項の数23 P D (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平5-163169

(22) 出願日 平成5年(1993)6月7日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 津▲高▼ 圭祐

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山本 孝久

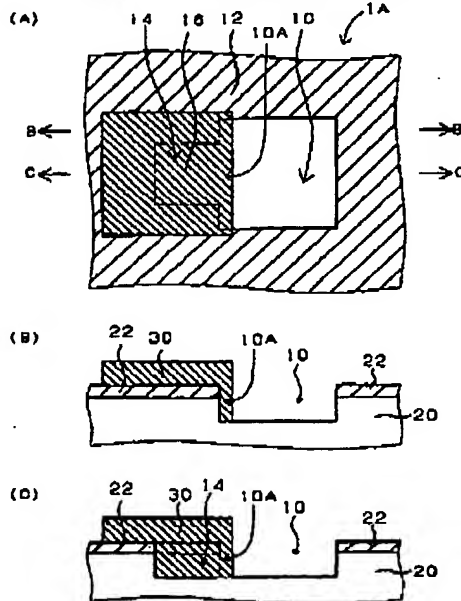
(54) 【発明の名称】 ハーフトーン方式位相シフトマスク及びその修正方法並びに半導体装置の製造方法

## (57) 【要約】

【目的】 欠陥領域が遮光体で選択的にしかも確実に被覆され、しかもマスク修正後の転写パターン形状の所望形状との相違が実用上問題とならない、欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクを提供する。

【構成】 半遮光領域12及び光透過領域10を備え、半遮光領域を通過した光の位相と光透過領域を通過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスク1Bは、位相、振幅透過率、あるいはそれらの両方が所定の値とは異なり、光透過領域10に隣接若しくは近接した半遮光領域12に存在する欠陥領域14を含み、且つ欠陥領域より大きい欠陥領域内の修正領域16、並びに修正領域16に隣接若しくは近接する光透過領域の一部10Aが、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体30で被覆されている。

(実施例-1) 修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク



(2)

特開平6-347994

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半透光領域及び光透過領域を備え、該半透光領域を通過した光の位相と光透過領域を通過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスクであって、

位相、振幅透過率、あるいはそれらの両方が所定の値とは異なり、光透過領域に隣接若しくは近接した半透光領域に存在する欠陥領域を含み、且つ該欠陥領域より大きい欠陥領域内の修正領域、並びに該修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部が、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体で被覆されていることを特徴とするハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項2】修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、前記修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて遮光体の振幅透過率が選択されることを特徴とする請求項1に記載のハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項3】前記遮光体は炭素から成ることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項4】前記修正領域は、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体で被覆され、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部は、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体で被覆されていることを特徴とする請求項1に記載のハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項5】修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて第2の遮光体の振幅透過率が選択されることを特徴とする請求項4に記載のハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項6】前記第1あるいは第2の遮光体は炭素から成ることを特徴とする請求項4又は請求項5に記載のハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項7】半透光領域は少なくとも半透光層から成り、欠陥領域は、少なくとも半透光層の欠陥、あるいは少なくとも半透光層の厚さが所定の値とは異なることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載のハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項8】前記半透光領域は、0より大きく且つ0.55より小さい振幅透過率を有することを特徴とする請

求項1乃至請求項7のいずれか1項に記載のハーフトーン方式位相シフトマスク。

【請求項9】半透光領域及び光透過領域を備え、該半透光領域を通過した光の位相と光透過領域を通過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスクにおいて、

位相、振幅透過率、あるいはそれらの両方が所定の値とは異なる欠陥領域が、光透過領域に隣接若しくは近接した半透光領域に存在する場合、該半透光領域内において、該欠陥領域を含み且つ該欠陥領域より大きい修正領域を選択し、

該修正領域、及び該修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部を、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体で被覆することを特徴とするハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項10】修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて遮光体の振幅透過率を選択することを特徴とする請求項9に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項11】前記遮光体は炭素から成ることを特徴とする請求項9又は請求項10に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項12】前記修正領域をレジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体で被覆し、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部を、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体で被覆することを特徴とする請求項9に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項13】修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて第2の遮光体の振幅透過率を選択することを特徴とする請求項12に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項14】前記第1あるいは第2の遮光体は炭素から成ることを特徴とする請求項12又は請求項13に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項15】半透光領域は少なくとも半透光層から成り、欠陥領域は、少なくとも半透光層の欠陥、あるいは少なくとも半透光層の厚さが所定の値とは異なることを特徴とする請求項9乃至請求項14のいずれか1項に記

(3)

特開平6-347994

3

載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項16】前記半遮光領域は、0より大きく且つ0.55より小さい振幅透過率を有することを特徴とする請求項9乃至請求項15のいずれか1項に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項17】半遮光領域及び光透過領域を備え、該半遮光領域を通過した光の位相と光透過領域を通過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスクにおいて、

位相、振幅透過率、あるいはそれらの両方が所定の値とは異なる欠陥領域が、光透過領域に隣接若しくは近接した半遮光領域に存在する場合、該半遮光領域内において、該欠陥領域を含み且つ該欠陥領域より大きい修正領域を選択し、

該修正領域、及び該修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部を、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体で被覆するハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法であって、

前記選択された修正領域に基づいて、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて遮光体の振幅透過率をシミュレーションあるいは計算から求めることを特徴とするハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項18】前記遮光体は炭素から成ることを特徴とする請求項17に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項19】前記修正領域をレジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体で被覆し、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部を、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体で被覆し、

前記選択された修正領域に基づいて、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて第2の遮光体の振幅透過率をシミュレーションあるいは計算から求めることを特徴とする請求項17に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項20】前記第1あるいは第2の遮光体は炭素から成ることを特徴とする請求項19に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項21】半遮光領域は少なくとも半遮光層から成り、欠陥領域は、少なくとも半遮光層の欠陥、あるいは

4

少なくとも半遮光層の厚さが所定の値とは異なることを特徴とする請求項17乃至請求項20のいずれか1項に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項22】前記半遮光領域は、0より大きく且つ0.55より小さい振幅透過率を有することを特徴とする請求項17乃至請求項21のいずれか1項に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法。

【請求項23】請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載のハーフトーン方式位相シフトマスクを用いて、ウエハ上に形成されたレジスト材料を露光して、ハーフトーン方式位相シフトマスクに形成されたパターン形状をレジスト材料に転写することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ハーフトーン方式位相シフトマスク及びその修正方法、並びにかかるハーフトーン方式位相シフトマスクを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造におけるパターン転写工程、所謂リソグラフィ工程で使用されるフォトマスクは、フォトマスク上のパターン形状をウエハ上に形成されたレジスト材料に転写するために用いられる。フォトマスク上に欠陥が存在する場合、かかる欠陥がレジスト材料に転写されるために、作製された半導体装置には欠陥が発生し、半導体装置の性能が著しく損なわれ、また、半導体装置の製造歩留まりを著しく低下させる。それ故、フォトマスクには、レジスト材料に転写されるような欠陥が含まれないことが強く要求される。従って、フォトマスクの作製工程中にフォトマスクを検査し、検出された欠陥を修正することによって、レジスト材料に転写されるような欠陥を全て除去しなければならない。

【0003】一方、半導体装置等におけるパターン加工の寸法は年々微細化している。そして、遮光領域と光透過領域のみによって構成された従来型のフォトマスクでは、リソグラフィ工程で使用する露光装置の露光光の波長程度の解像度を得ることができず、半導体装置等の製造において要求される解像度を得ることが困難になりつつある。そこで、近年、このような従来型のフォトマスクに替わって、光の位相を異ならせる位相シフト領域を具備した、所謂位相シフトマスクが用いられるようになってきている。位相シフトマスクを用いることによって、従来型のフォトマスクでは形成不可能な微細パターンの形成が可能である。このような位相シフトマスクにおいても、従来型のフォトマスクと同様に、欠陥の検査及び修正によって欠陥を除去することがその実用化には不可欠である。

【0004】従来の位相シフトマスクは、光透過領域、光を遮光する遮光領域、及び光透過領域を通過する光の

(4)

特開平6-347994

5

位相と異なる位相の光を透過させる光透過物質から成る位相シフト領域を備えている。典型的な従来のエッジ強調型位相シフトマスクの模式的な一部切断図を図30の

(A)、(B)及び(C)に示す。図中、20は基板、10は光透過領域、18は遮光領域、24は位相シフト領域、26は光透過物質層である。従来の位相シフトマスクは、位相シフト領域の形状あるいは位置を精確に制御しないと微細なパターンの形成ができない。また、パターン形状によっては、位相シフト領域が、本来光の干渉を受けてはならない他の光透過領域にまで光の干渉を生じさせる場合がある。このような場合には、位相シフト領域を形成することができない。

【0005】このような従来の位相シフトマスクの問題点を解決するための位相シフトマスクの一種に、半遮光領域及び光透過領域を備え、半遮光領域を通過した光の位相と光透過領域を通過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスクがある。ハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、光透過領域を除く全面に半遮光領域が形成されている。ハーフトーン方式位相シフトマスクは、従来の位相シフトマスクの問題点を解決

40 できるだけでなく、その作製が容易であり、しかも、マスク作製時に欠陥が生成される度合いも低いという利点を有する。従来のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を図31に示す。図中、20は基板、10は光透過領域、12は半遮光領域である。半遮光領域12は、半遮光層22及び光透過物質層26から構成されている。光透過物質層26は、光透過領域10を通過した光の位相と半遮光領域12を通過した光の位相を異ならせるための光透過物質から成る。

【0006】ハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、半遮光領域12の振幅透過率は、0より大きく且つレジスト材料を溶解させない程度、例えば20～45%程度である。尚、光強度透過率で表現すると、4～20%程度である。そして、マスクに形成されたパターン形状をウエハ上に形成されたレジスト材料に転写するために、所定の振幅透過率及び位相を有する半遮光領域12を通過した光と、半遮光領域とは例えば位相が180°異なる光透過領域10を通過した光の干渉を利用する。従って、所定の位相とは異なる領域、又は所定の振幅透過率とは異なる領域、あるいはこれら両方が異なる領域は全て欠陥領域となり、ウエハ上のレジスト材料に転写される転写パターン形状が所望のパターン形状と異なってしまう。

【0007】本発明の対象であるハーフトーン方式位相シフトマスクの欠陥修正方法に関しては、これまで幾つかの方法が提案されている。

【0008】それらの方法の1つに、欠陥を有するマスクのパターンを設計通りに復元する方法が挙げられる。この方法によって修正可能な欠陥の例は、以下のとおりである。

6

(A) 図32の(A)に模式的な一部断面図を示すように、半遮光領域12に設けられた位相を制御するための光透過物質層26が欠落し、半遮光領域12を通過した光の位相が所定の値とは異なる欠陥領域14。

(B) 図32の(B)に模式的な一部断面図を示すように、半遮光領域12に設けられた光透過物質層26の厚さが所定の厚さとは異なるために、半遮光領域12を通過した光の位相が所定の値とは異なる欠陥領域14。

(C) 図32の(C)に模式的な一部断面図を示すように、半遮光層22が欠落し、あるいは厚さが所定の厚さとは異なるために、半遮光領域12を通過する光の振幅透過率が所定の値とは異なる欠陥領域14。

【0009】(A)の欠陥は、例えば光透過物質層26と同一の屈折率を有する光透過物質を光透過物質層が欠落した部分に形成することによって修正可能とされている。具体的には、例えばシリコン含有ガス雰囲気中で集束イオンビームを欠陥領域に走査させることによって、シリコン酸化物を選択的に欠陥領域に析出させ、これによって欠陥領域に光透過物質を形成する(このような修正方法を、以下、FIBによるシリコン酸化物形成による修正法とも呼ぶ)。あるいは、所謂リフトオフ法によって欠陥領域を修正する。即ち、レジストをマスク全面に塗布した後、欠陥領域に選択的に光露光を行うかあるいは電子ビーム、集束イオンビーム、レーザービーム等によりレジストを露光し、次いで、レジストを現像することによって欠陥領域を選択的に露出させる。その後、シリコン酸化物等の光透過物質を塗布して、露出している欠陥領域のみに選択的に光透過物質を形成する修正方法である。

【0010】(B)の欠陥は、光透過物質層の厚さが厚い部分を除去することで修正可能である。例えば集束イオンビーム等による物理的エッチングにより光透過物質層の厚さが厚い部分を除去する方法が、通常用いられている。

【0011】また、(A)及び(B)の両方の欠陥、あるいは(C)の欠陥は、欠陥領域を遮光体で被覆することによって修正可能とされている。この方法においては、従来のマスクの修正において既に用いられている炭素含有ガス雰囲気中で集束イオンビームを欠陥領域に走査させて、炭素層を選択的に欠陥領域に析出させ、炭素層による遮光体を形成する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来のハーフトーン方式位相シフトマスクの欠陥修正は、以下に述べる問題点を有する。

【0013】(A)の欠陥をFIBによるシリコン酸化物形成による修正法によって修正する場合、欠陥領域近傍におけるシリコン含有ガスの濃度を一定且つ均一に維持することが甚だ困難である。更には、集束イオンビーム装置内に残留するガスの影響を完全に除去することは

7

不可能である。その結果、所望の厚さ、形状、透過率及び屈折率を有する光透過物質を欠陥領域に形成することは極めて困難である。

【0014】また、(A)の欠陥をリフトオフ法によって修正する場合、レジストをハーフトーン方式位相シフトマスク全面に再度塗布する必要があるために、かかるレジスト中に発生する欠陥によって、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクに新たに欠陥が生じる。また、光透過物質を形成した後、レジスト及び塗布した光透過物質を除去するために超音波剥離等を行う必要がある。然るに、超音波剥離時、レジスト及び光透過物質だけでなく、半導体装置の一部まで剥離してしまい、新たな欠陥が生じてしまう。また、これらの新たに生じた欠陥を修正するために、同様の修正方法で修正を繰り返さなければならず、リフトオフ法を欠陥修正方法として用いることは現実的ではない。

【0015】(B)の欠陥を集束イオンビームによって物理的にエッチング除去する修正方法では、欠陥領域のエッチング速度と正常な光透過物質層のエッチング速度の間に大きな違いがない。そのために、集束イオンビームの走査位置や走査回数を極めて厳密に制御しなければ、欠陥領域周辺や欠陥領域の下方の光透過物質層が損傷される。ところが、実際に発生する欠陥領域は位置、形状、厚さ等が一定ではなく、精密に欠陥領域のみを集束イオンビームによって除去し修正することは極めて困難である。更には、イオンビーム走査時に走査された部分にイオンが残留し、振幅透過率が低下する。微細なパターンにおいて残留したイオンを除去することは不可能であり、この修正方法も現実的ではない。

【0016】欠陥領域を遮光体で選択的に被覆する方法は、簡便且つ容易な方法である。このような修正方法は、例えば文献「ハーフトーン位相シフトマスクの欠陥修正法の検討」、1993年春季第40回応用物理学関係連合講演会講演予稿集No. 2, 31p-L-15, 第611頁に記載されている。この文献には、欠陥領域と同じサイズを有し透過率がほぼ0に等しい遮光膜で欠陥領域を被覆することが記載されている。

【0017】ところが、欠陥領域と同じ大きさを有する遮光体で欠陥領域を被覆したハーフトーン方式位相シフトマスクを用いてウエハ上に形成されたレジスト材料にパターン形状を転写した場合、設計通りのパターン形状が精確にレジスト材料に転写されないという問題がある。特に、遮光体の面積が大きくなると、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と大幅に異なる。尚、以下、このような相違を、「マスク修正後の転写パターン形状の所望形状との相違」と呼ぶこともある。

【0018】例えばハーフトーン方式位相シフトマスク

(5)

特開平6-347994

8

に形成されたコンタクトホールパターンにおいて、コンタクトホールパターンに隣接する半導体領域の一边の全てを遮光体で被覆する。尚、光透過領域は遮光体で被覆しない。このような場合、欠陥が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と比較して、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状は15%以上も大きくなる。このような転写パターン形状から形成されたコンタクトホールは半導体装置の性能を著しく劣化せしめ、半導体装置作製そのものを著しく困難にする。

【0019】また、欠陥領域を遮光体で選択的に被覆する従来の方法においては、欠陥領域が小さいときには、遮光体の面積を小さくすることができ、その結果、マスク修正後の転写パターン形状の所望形状との相違を許容し得る場合がある。しかしながら、遮光体の面積を小さくすると、集束イオンビームによる遮光体の形成時に十分な修正精度を確保することが困難である。

【0020】修正精度を損なう要因としては、集束イオンビームのドリフトによる所望の遮光体形成予定領域からのビームずれ、集束イオンビームが照射される領域近傍における炭素含有ガスの濃度むら、集束イオンビームのドリフトや電流変動による所望の遮光体形成予定領域とは異なる領域における遮光体の形成、更には遮光体形成予定領域の設定における人為的誤差の発生等を挙げることができる。遮光体の面積を小さくした場合、これらの修正精度を損なう要因を回避することは甚だ困難である。そのため、しばしば未修正の欠陥が生じ、確実に欠陥を修正できないという問題がある。また、欠陥領域と同じ大きさの遮光体を形成することは、現実には極めて困難である。

【0021】露光光に対して透明な皮膜で構成されたシフトの欠陥を修正する方法が、例えば特開平4-165353号公報から公知である。この公報には、欠け欠陥領域上に光遮光部をこれがシフト外部側に所定面積延在するように設けることによって、単独で解像され得る大きさのシフト欠け欠陥を修正する方法が開示されている。

【0022】この公報に記載された位相シフトマスクはハーフトーン方式位相シフトマスクではなく、所謂シフト遮光方式の位相シフトマスクである。また、光遮光部は光CVD法を用いたクロム膜から成るが、光遮光部の形成の際、再び欠陥が生成されるという問題がある。更には、この公報に添付された第6図、第7図及び第8図からも明らかなように、シフト内部においては、シフトの欠け欠陥領域と同じ大きさの遮光体で欠け欠陥領域が被覆されている。即ち、シフト内部において、欠け欠陥領域より大きな領域を遮光体で被覆することは記載も示唆もなされていない。このようなシフトの欠け欠陥領域と同じ大きさの遮光体を形成することは、現実には極めて

(6)

特開平6-347994

9

10

て困難である。

【0023】従って、本発明の第1の目的は、欠陥領域が遮光体で選択的にしかも確実に被覆され、しかもマスク修正後の転写パターン形状の所望形状との相違が実用上問題とならない、欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクを提供することにある。

【0024】また、本発明の第2の目的は、選択的に、確実に、十分な修正裕度にてしかも容易な方法にて欠陥領域を遮光体で被覆することによって欠陥領域を修正し得るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法を提供することにある。

【0025】更に、本発明の第3の目的は、かかるハーフトーン方式位相シフトマスクを用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】上記の第1の目的は、半遮光領域及び光透過領域を備え、半遮光領域を通過した光の位相と光透過領域を通過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスクであって、位相、振幅透過率、あるいはそれらの両方が所定の値とは異なり、光透過領域に隣接若しくは近接した半遮光領域に存在する欠陥領域を含み、且つ欠陥領域より大きい欠陥領域内の修正領域、並びに修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部が、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体で被覆されていることを特徴とする本発明のハーフトーン方式位相シフトマスクによって達成することができる。

【0027】本発明のハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて遮光体の振幅透過率が選択されることが望ましい。この場合、遮光体は炭素から成ることが好ましい。

【0028】あるいは又、本発明のハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、修正領域は、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体で被覆され、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部は、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体で被覆されていることが望ましい。この場合、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて第2の遮光体の振幅透過率が選択されることが好ましい。更に、第1あるいは第2の遮光体は炭素か

ら成ることが好ましい。

【0029】本発明のハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、半遮光領域は少なくとも半遮光層から成り、この場合、欠陥領域は、少なくとも半遮光層の欠陥から構成され、あるいは少なくとも半遮光層の厚さが所定の値と異なる場合がある。尚、半遮光領域は、0より大きく且つレジスト材料を解像させない振幅透過率、より具体的には0より大きく且つ0.55より小さい振幅透過率を有することが望ましい。

【0030】本発明の第2の目的は、半遮光領域及び光透過領域を備え、半遮光領域を通過した光の位相と光透過領域を通過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスクにおいて、位相、振幅透過率、あるいはそれらの両方が所定の値とは異なる欠陥領域が、光透過領域に隣接若しくは近接した半遮光領域に存在する場合、半遮光領域内において、欠陥領域を含み且つ欠陥領域より大きい修正領域を選択し、修正領域、及び修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部を、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体で被覆することを特徴とする本発明の第1の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法によって達成することができる。

【0031】本発明の第1の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法においては、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて遮光体の振幅透過率を選択することが望ましい。この場合、遮光体は炭素から成ることが好ましい。

【0032】あるいは又、本発明の第1の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法においては、修正領域をレジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体で被覆し、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部を、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体で被覆することが好ましい。また、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて第2の遮光体の振幅透過率を選択することが好ましい。更には、第1あるいは第2の遮光体は炭素から成ることが好ましい。

【0033】本発明の第1の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法においては、半遮光領域は、少なくとも半遮光層から成り、この場合、欠陥領域



11

は、少なくとも半遮光層の欠陥から構成され、あるいは少なくとも半遮光層の厚さが所定の値と異なる場合がある。尚、半遮光領域は、0より大きく且つレジスト材料を解像させない振幅透過率、より具体的には0より大きく且つ0.55より小さい振幅透過率を有することが望ましい。

【0034】更に、本発明の第2の目的は、半遮光領域及び光透過領域を備え、半遮光領域を通過した光の位相と光透過領域を通過した光の位相とが異なるハーフトーン方式位相シフトマスクにおいて、位相、振幅透過率、あるいはそれらの両方が所定の値とは異なる欠陥領域が、光透過領域に隣接若しくは近接した半遮光領域に存在する場合、半遮光領域内において、欠陥領域を含み且つ欠陥領域より大きい修正領域を選択し、修正領域、及び修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部を、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体で被覆するハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法であって、選択された修正領域に基づいて、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて遮光体の振幅透過率をシミュレーションあるいは計算から求めることを特徴とする本発明の第2の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法によって達成することができる。

【0035】この第2の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法においては、遮光体は炭素から成ることが望ましい。

【0036】また、修正領域をレジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体で被覆し、修正領域に隣接若しくは近接する前記光透過領域の一部を、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体で被覆し、選択された修正領域に基づいて、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部の位置及び形状、更に必要に応じて第2の遮光体の振幅透過率をシミュレーションあるいは計算から求めることが望ましい。この場合、第1あるいは第2の遮光体は炭素から成ることが好ましい。

【0037】更に、この第2の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法においては、半遮光領域は、少なくとも半遮光層から成り、この場合、欠陥領域は、少なくとも半遮光層の欠陥から構成され、あるいは少なくとも半遮光層の厚さが所定の値と異なる場合が

(7)

特開平6-347994

12

ある。尚、半遮光領域は、0より大きく且つレジスト材料を解像させない振幅透過率、より具体的には0より大きく且つ0.55より小さい振幅透過率を有することが望ましい。

【0038】更に、本発明の第3の目的は、上記の本発明のハーフトーン方式位相シフトマスクを用いて、ウェハ上に形成されたレジスト材料を露光して、ハーフトーン方式位相シフトマスクに形成されたパターン形状をレジスト材料に転写することを特徴とする半導体装置の製造方法によって達成することができる。

【0039】

【作用】本発明においては、欠陥領域より大きい修正領域を遮光体で被覆するので、高い修正精度にて、即ち極めて高い修正精度でなくとも、欠陥領域を修正することができ、しかも、光露光による欠陥領域のレジスト材料へ転写及び焦点深度の低下を防ぐことができる。

【0040】また、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部を遮光体で被覆するので、単に修正領域のみを遮光体で被覆した場合に生じる転写パターン形状の所望のパターン形状からの変化やずれを補正することができる。しかも、遮光体の幅や位置あるいは透過率、更にはこれらすべてを精確に制御することで、精確に所望の転写パターン形状及び十分な焦点深度が得ることができる。

【0041】更には、修正領域に対して適切な遮光体の形成すべき位置及び大きさを予めシミュレーションあるいは計算や実験等により求め、且つ遮光体の形成位置及び大きさを精確に制御することで、所望の転写パターン形状を効率良く精確に得ることができる。

【0042】

【実施例】以下、実施例に基づき、本発明を図面を参照して説明する。尚、各実施例と欠陥の形態の関係を纏めると、以下のとおりとなる。

実施例-1及び実施例-2：半遮光領域の振幅透過率及び位相が所定の値と異なる欠陥領域の修正。

実施例-4及び実施例-5：半遮光領域の振幅透過率が所定の値と異なる欠陥領域の修正。

実施例-6：半遮光領域の位相が所定の値と異なる欠陥領域の修正。

これらの実施例においては、欠陥領域の修正方法は、本発明の第1の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法による。

【0043】また、実施例-3は、本発明の第2の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法に関し、修正領域の選択方法及び修正領域に隣接する光透過領域の一部の決定方法の一例を説明する。

【0044】尚、ウェハ上に形成されたレジスト材料に対して露光光により転写パターン形状等を形成するとき、縮小投影に使用されるものをレティクル、一対一投影に使用されるものをマスクと称したり、あるいは原盤

13

に相当するものをレティクル、それを複製したものをマスクと称したりすることがあるが、本明細書においては、このような種々の意味におけるレティクルやマスクを総称してマスクと呼ぶ。

【0045】（実施例-1）実施例-1においては、欠陥領域が光透過領域に隣接した半透光領域に存在する。この欠陥領域は、欠陥の無い半透光領域と比較して、位相及び振幅透過率が異なる。修正領域、及び修正領域に隣接する光透過領域の一部を、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体で被覆する。修正領域は半透光領域内に位置させる。遮光体は炭素から成り、振幅透過率はほぼ0%である。以下、図1～図4を参照して、実施例-1を説明する。

【0046】図1の（A）に模式的な一部平面図を示すように、ハーフトーン方式位相シフトマスク1には、コンタクトホールパターンである正方形の光透過領域10、及び半透光領域12が形成されている。尚、半透光領域12には斜線を付した。また、正方形の光透過領域10の一辺XYに隣接して欠陥領域14が存在する。図1の線B-B及びC-Cに沿ってハーフトーン方式位相シフトマスクを切断した模式的な一部切断図を図1の

（B）及び（C）に示す。図中、20は例えば石英から成る基板、22は半透光領域12を構成するクロム（Cr）から成る半透光層である。光透過領域10は、半透光領域12及び基板20をエッチングすることによって基板に形成された凹部である。かかる凹部の深さdは、露光光の波長を $\lambda$ 、基板の屈折率をnとした場合、 $d = \lambda / (2(n-1))$  を満足する値である。即ち、表面から深さdまでの基板の一部分10Bによって、半透光領域12を通過した光の位相と光透過領域10を通過した光の位相とを異ならせる。

【0047】正方形の光透過領域10の大きさを、5倍レティクル上で $1.85\mu\text{m} \times 1.85\mu\text{m}$ とした。また、半透光領域12の振幅透過率を約40%とし、光透過領域10を通過した光と、半透光領域12を通過した光との位相差を $180^\circ$ とした。

【0048】欠陥領域14の大きさは、5倍レティクル上で $1.0\mu\text{m} \times 1.0\mu\text{m}$ とした。また、欠陥領域14の振幅透過率を100%、欠陥領域14を通過した光と光透過領域10を通過した光との位相差を $0^\circ$ とした。尚、振幅透過率を100%とは、光透過領域10と同じ振幅透過率を有することを意味する。実施例-1においては、図1の（C）に破線で示した欠陥領域14は、半透光層22及び基板の一部分10Bが欠陥した形態の欠陥であり、欠陥の無い半透光領域と比較して、位相及び振幅透過率が異なる。このような欠陥領域14は、半透光領域12及び基板20をエッチングして光透過領域10を形成する際に発生し易い。

【0049】このような欠陥領域14を有するハーフトーン方式位相シフトマスク1を用いて、波長248nm

(8)

特開平6-347994

14

m、NAが0.45、パーシャルコヒーレンシーが0.3の露光装置で、1/5に縮小露光すると、ハーフトーン方式位相シフトマスク1を透過した光の光強度分布は、ウエハに形成されたレジスト材料上において、図3の（A）に実線（A）で示す光強度分布となった。また、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクを透過した光の光強度分布は、ウエハに形成されたレジスト材料上において、図3の（A）に点線（B）で示す光強度分布となった。尚、以下の各実施例においても、同様の露光装置及び露光条件にて、ウエハに形成されたレジスト材料上での光強度分布を得た。

【0050】光強度が0.3のときの光強度分布曲線の幅をコンタクトホールパターン幅と規定すると、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスクから得られたコンタクトホールパターン幅は $0.4\mu\text{m}$ であり、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られたコンタクトホールパターン幅 $0.3\mu\text{m}$ と比較して、 $0.1\mu\text{m}$ 増加していた。また、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスクから得られた光強度分布曲線のピークの中心は、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られた光強度分布曲線のピークの中心から $0.06\mu\text{m}$ ずれていた。

【0051】修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク1Aを図2に示す。図2の（A）の模式的な一部平面図、及び図2の（B）及び（C）の模式的な一部切断図に示すように、欠陥領域14を含み且つ欠陥領域より大きい修正領域16（図2では斜線を付した）は、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体30で被覆されている。尚、修正領域16は半透光領域12内に位置させる。更に、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aが、同じ遮光体30で被覆されている。遮光体30は炭素から成り、振幅透過率はほぼ0%である。尚、図2の（B）及び（C）は、図2の（A）の線B-B及びC-Cに沿った切断図である。

【0052】このような遮光体30を形成することによって、図3の（B）に示す光強度分布が得られ、この場合、コンタクトホールパターン幅は $0.301\mu\text{m}$ となり、所望のコンタクトホールパターン幅（ $0.3\mu\text{m}$ ）に良く一致した。また、この光強度分布曲線のピークの中心と、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心との差も $0.01\mu\text{m}$ 未満となった。

【0053】以下、図1に示した欠陥領域14を修正する具体的な方法を、図4を参照して説明する。欠陥領域14を有するハーフトーン方式位相シフトマスク1において、欠陥領域14を含み且つこの欠陥領域14より大きい修正領域16（図4では、破線で示す）を半透光領域12内にて選択する。修正領域16の大きさを $2.0\mu\text{m} \times 1.8\mu\text{m}$ の大きさとした。欠陥領域14の大き



15

さは $1.0\mu\text{m}\times 1.0\mu\text{m}$ であり、修正領域16は欠陥領域14を含み且つ欠陥領域14より大きい。

【0054】このように選択された修正領域16、及び修正領域16に隣接する光透過領域の一部10A(図4では点線で示す)に対して、圧力 $1.3\times 10^{-4}\text{Pa}$ 以下に制御されたビレンガス雰囲気中で加速電圧20KV、イオン電流120pAのGa<sup>+</sup>集束イオンビームを2分間走査することにより、厚さ300nmの炭素から成る遮光体30を形成した。尚、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aは、光透過領域10の一辺XYから0.2 $\mu\text{m}$ だけ光透過領域の中央部に向かって延在している。即ち、遮光体30全体の大きさは2.0 $\mu\text{m}\times 2.0\mu\text{m}$ である。こうして、欠陥領域14が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスク1Aを得ることができた。尚、修正領域16の選択方法及び修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aの大きさ等の決定方法は、具体的には実施例-3にて説明する。

【0055】欠陥領域14(例えば、 $1.0\mu\text{m}\times 1.0\mu\text{m}$ )より大きい修正領域16(例えば、 $2.0\mu\text{m}\times 1.8\mu\text{m}$ )を選択し、この修正領域16上に遮光体30を形成する。これによって、高い修正裕度を得ることができる。

【0056】また、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10A(例えば、 $2.0\mu\text{m}\times 0.2\mu\text{m}$ )上にも、遮光体30を形成する。これによって、光強度分布が所望の分布に近づき、所望のコンタクトホールパターン幅が得られる。実際、このように修正された実施例-1のハーフトーン方式位相シフトマスク1Aを用いて、ハーフトーン方式位相シフトマスク1Aに形成されたパターン形状をウエハに形成されたレジスト材料に転写し、コンタクトホールパターン幅を電子ビーム寸法測長装置を用いて測定したところ、所望のコンタクトホールパターン幅が得られていることが確認された。また、コンタクトホールパターン幅は光強度分布から得られるコンタクトホールパターン幅と一致していることも確認された。

【0057】尚、修正領域16上に遮光体30を形成し、修正領域16に隣接する光透過領域10には遮光体を形成しない場合、かかるハーフトーン方式位相シフトマスクを通過した光の光強度分布は、図3の(A)の一点鎖線(C)で示す曲線となった。

【0058】(実施例-1の変形)図5には、図1に示した構造とは異なる構造を有するハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を示す。尚、これらの切断図は、図1の(A)の線C-Cに沿った切断図である。破線で示した欠陥領域14は、欠陥の無い半遮光領域と比較して、位相及び振幅透過率が異なる。

【0059】図5の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、例えば石英から成る基板20、及びその上に形成された半遮光領域12から成る。半遮光領

(9)

特開平6-347994

16

域12は、クロムから成る半遮光層22、及びその上に形成された例えばSOG(スピン・オン・ガラス)から成る光透過物質層26(所謂シフター)から構成されている。光透過領域10を通過した光と、半遮光領域12を通過した光との位相差は、例えば $180^\circ$ である。光透過物質層26の厚さdは、露光光の波長を $\lambda$ 、光透過物質層の屈折率をnとした場合、 $d=\lambda/(2(n-1))$ を満足する値である。図5の(A)に破線で示した欠陥領域14は、光透過物質層26及び半遮光層22の一部分が欠落した形態の欠陥である。このような欠陥領域14は、基板20上に形成された半遮光層22及び光透過物質層26をエッチングして光透過領域10を形成する際発生し易い。

【0060】図5の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図5の(B)に示す。

【0061】図5の(C)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、例えば石英から成る基板20、及びその上に形成された半遮光領域12から成る。半遮光領域12は、クロムから成る半遮光層22、及び半遮光層22と基板20の間に形成された例えばSOGから成る光透過物質層26(所謂シフター)から構成されている。光透過領域10を通過した光と半遮光領域12を通過した光との位相差は、例えば $180^\circ$ である。光透過物質層26の厚さdは、露光光の波長を $\lambda$ 、光透過物質層の屈折率をnとした場合、 $d=\lambda/(2(n-1))$ を満足する値である。欠陥領域14は、半遮光層22及び光透過物質層26の一部分が欠落した形態の欠陥である。このような欠陥領域14は、基板20上に形成された半遮光層22及び光透過物質層26をエッチングして光透過領域10を形成する際発生し易い。

【0062】図5の(C)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図5の(D)に示す。

【0063】(実施例-2)実施例-2は、実施例-1の変形である。実施例-2におけるハーフトーン方式位相シフトマスクの構造及び欠陥領域の形態は実施例-1と同様である。実施例-2が実施例-1と相違する点は、欠陥領域の修正方法にある。即ち、修正領域をレジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体で被覆する。また、修正領域に隣接する光透過領域の一部を、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体で被覆する。

【0064】実施例-1に示した欠陥領域14と同様の欠陥領域を有するコンタクトホールパターン(図1参照)において、図6の模式的な一部平面図及び一部切断図に示すように、修正領域16をレジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体32で被覆す

17

る。また、修正領域に隣接する光透過領域の一部10Aを、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体34で被覆する。第1の遮光体32は炭素から成り、振幅透過率をほぼ0%とした。また、第2の遮光体34も炭素から成り、振幅透過率を約20%とした。第1の遮光体32と第2の遮光体34の厚さを異ならせることによって振幅透過率を変えている。

【0065】第1及び第2の遮光体32、34の形成すべき位置や幅、厚さ等を精確に制御することにより図7に示す光強度分布が得られた。この場合、コンタクトホールパターン幅は0.301 $\mu$ mとなり、所望のコンタクトホールパターン幅(0.3 $\mu$ m)に良く一致した。また、この光強度分布曲線のピークの中心と、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心との差も0.01 $\mu$ m未満となった。

【0066】実施例-2における欠陥領域14の修正は以下の方法で行うことができる。ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造及び欠陥領域、大きさの形態は図1と同様である。修正領域16の大きさを1.85 $\mu$ m $\times$ 1.85 $\mu$ mの大きさとした。欠陥領域14の大きさは1.0 $\mu$ m $\times$ 1.0 $\mu$ mであり、修正領域16は欠陥領域14を含み且つ欠陥領域14より大きい。修正領域16は半遮光領域12内に位置させる。

【0067】このように選択された修正領域16に対して、圧力1.3 $\times 10^{-4}$ Pa以下に制御されたビレンガス雰囲気中で加速電圧20KV、イオン電流120pAのGa<sup>+</sup>集束イオンビームを2分間走査することにより、厚さ300nmの炭素から成る第1の遮光体32を形成した。

【0068】更に、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10AにもGa<sup>+</sup>集束イオンビームを走査することにより、約20%の振幅透過率を有する厚さ150nmの炭素から成る第2の遮光体34を形成した。光透過領域の一部10Aは、光透過領域10の一边XYから0.7 $\mu$ mだけ光透過領域の中央部に向かって延在している。こうして、欠陥領域14が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスク1Bを得ることができる。尚、修正領域16の選択方法及び修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aの大きさ等の決定方法は、具体的には実施例-3にて説明する。

【0069】修正裕度を得るために欠陥領域14以外の欠陥の無い半遮光領域12の一部分の上にも第1の遮光体32を形成しているが、光透過領域の一部10Aを被覆する第2の遮光体34の振幅透過率及び幅等を制御することによって、光強度分布が所望の転写パターン形状に近づき、所望のコンタクトホールパターン幅が得られる。

【0070】(実施例-2の変形) 図8には、図6に示

(10)

特開平6-347994

18

した構造とは異なる構造を有するハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を示す。尚、これらの切断図は、図6の(A)の線C-Cに沿った切断図である。破線で示した欠陥領域14は、欠陥の無い半遮光領域と比較して、位相及び振幅透過率が異なる。

【0071】図8の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、図5の(A)にて説明したハーフトーン方式位相シフトマスクと同様の構造及び欠陥領域14を有する。図8の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図8の(B)に示す。

【0072】図8の(C)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、図5の(C)にて説明したハーフトーン方式位相シフトマスクと同様の構造及び欠陥領域14を有する。図8の(C)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図8の(D)に示す。

【0073】(実施例-3) 実施例-3は、本発明の第2の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法に関する。実施例-3では、修正領域の選択方法及び修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aの選択方法の一例を説明する。実施例-3におけるハーフトーン方式位相シフトマスクの構造及び欠陥領域の形態、形状、大きさは実施例-1と同様である。尚、光透過領域10のパターンはラインパターンとして説明する。

【0074】20KVで加速された120pAのGa<sup>+</sup>集束イオンビームで、図9に示した欠陥領域14を有するハーフトーン方式位相シフトマスク1を走査する。これによって発生したCrの2次イオン若しくは2次イオン強度の2次元分布を測定し、これを走査装置のメモリー内に記憶すると共に、キャラクターディスプレイ(以下CRTと略す)等の表示装置に2次元画像として表示する。

【0075】次に、この表示を参照しつつ、図9の(A)に示すように欠陥領域14を含む適当な領域ABCDを指定する。この領域ABCDの一部が修正領域16に相当する。ここでは、AB=CD=2.0 $\mu$ m、BC=DA=2.5 $\mu$ mとしたが、勿論この値に限定されるものではない。

【0076】ABCDの各辺において例えば2次イオン強度が著しく変化する点を画像処理により検出することで、光透過領域10と半遮光領域12の境界を検知し、更に、この境界と領域ABCDの辺との交点EFを検知する。図9の(A)においては、辺BC上に交点Eが、辺AD上に交点Fが検知された例を示している。

【0077】次に、修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パタ

19

ーン形状が、欠陥領域が無い場合のハーフトーン方式位相シフトマスクによって得られるレジスト材料への転写パターン形状と略一致するように、光透過領域10の一边XYから光透過領域の中央部に向かって延在させるべき、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aの長さ(EG及びFH)、及び必要に応じて遮光体の振幅透過率を求める。そのためには、AF、AB、BE、EFの長さに基づき、予めシミュレーションあるいは計算や実験等によって求められた光強度分布に基づくデータからシミュレーションあるいは計算によってEG及びFHの長さ等、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aの位置及び形状、及び必要に応じて遮光体の振幅透過率を求める。実施例-3においてはEG=FH=0.2 $\mu$ mが得られた(図9の(B)参照)。

【0078】集束イオンビームによる修正領域16及び光透過領域の一部10Aの形成においては、一般に集束イオンビームの走査範囲よりも形成されるこれらの領域の面積が大きくなる。それ故、領域ABGHを形成するための集束イオンビームの走査領域IJKL(図9の(B)参照)を予めシミュレーションあるいは計算や実験によって求められたデータによって算出しておく。

【0079】こうして、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aの位置及び形状、更に必要に応じて遮光体の振幅透過率を選択する。そして、実施例-1と同様の方法で、修正領域16、及び修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aを、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体30で被覆する。

【0080】あるいは又、AF、AB、BE、EFの長さに基づき、予めシミュレーションあるいは計算や実験等によって求められた光強度分布に基づくデータからシミュレーションあるいは計算によってEG及びFHの長さ等、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aの位置及び形状、及び必要に応じて第2の遮光体34の振幅透過率を求める。そして、実施例-2と同様の方法で、修正領域16を第1の遮光体32で被覆し、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aを第2の遮光体34で被覆する。

【0081】その結果、修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクにおいては、レジスト材料への転写パターン線幅の変動を所望の線幅に対して5%以下に抑えた良好な転写パターンを得ることができた。

【0082】尚、欠陥領域14の観察、修正のためにCrの2次イオンを用いたが、画像データ取得手段はこれに限定されるものではなく、画像データが取得し得るならばCr以外の元素あるいは分子の2次イオン、あるいは2次電子を用いてもよい。

【0083】また、実施例-3においては孤立ラインに発生した欠陥領域14に対する修正を例にとり説明したが、孤立ラインに限定されるものではなく、極めて容易に各種のデバイスパターン全てに実施例-3を適用でき

(11)

特開平6-347994

20

る。また、欠陥領域14が必ずしもパターンに隣接していなくてもよく、パターンの近傍にあってもよい。更に、欠陥領域14の大きさあるいは形状に依存して、領域ABCDを設定すればよく、汎用性が極めて大きい。また、ハーフトーン方式位相シフトマスクの2次元画像形状を得る手段として光字顕微鏡や、走査型電子顕微鏡を用いてもよい。

【0084】実施例-3にて説明した本発明の第2の態様に係るハーフトーン方式位相シフトマスクの修正方法は、実施例-1及び実施例-2のみならず、以下に説明する実施例-4～実施例-6にも適用することができる。

【0085】(実施例-4) 実施例-4は、実施例-1の変形である。実施例-4が実施例-1と異なる点は、欠陥領域14の欠陥の形態が相違している点にある。即ち、この欠陥領域14は、欠陥の無い半遮光領域と比較して、振幅透過率が異なる。欠陥領域14の修正方法は実施例-1と同様である。以下、図10～図13を参照して、主に欠陥領域14について説明する。

【0086】図10の(A)に模式的な一部平面図を示すように、ハーフトーン方式位相シフトマスク1には、コンタクトホールパターンである正方形の光透過領域10、及び半遮光領域12が形成されている。尚、半遮光領域12には斜線を付した。また、正方形の光透過領域10の一边XYに隣接して欠陥領域14が存在する。図10の線B-Bに沿ったハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を図10の(B)に示す。図中、20は例えば石英から成る基板、22は半遮光領域12を構成するクロムから成る半遮光層である。光透過領域10は、基板20をエッチングすることによって基板に形成された深さdの凹部である。

【0087】正方形の光透過領域10の大きさを、5倍レティクル上で1.85 $\mu$ m $\times$ 1.85 $\mu$ mとした。また、半遮光領域12の振幅透過率を約40%とし、光透過領域10を通過した光と、半遮光領域12を通過した光との位相差を180°とした。

【0088】欠陥領域14の大きさは、5倍レティクル上で1.85 $\mu$ m $\times$ 1.85 $\mu$ mとした。また、欠陥領域14の振幅透過率を100%、欠陥領域14を通過した光と光透過領域10を通過した光の位相差を180°とした。実施例-4においては、図10の(B)に破線で示した欠陥領域14は、半遮光層22の一部分が欠陥した形態の欠陥であり、欠陥の無い半遮光領域と比較して、振幅透過率が異なる。このような欠陥領域14は、半遮光領域12及び基板20をエッチングして光透過領域10を形成する際に発生し易い。

【0089】このような欠陥領域14を有するハーフトーン方式位相シフトマスクを用いて、波長248nm、NAが0.45、バーチャルコヒーレンシーが0.3の露光装置で、1/5に縮小露光すると、ハーフトーン方

21

式位相シフトマスク1を透過した光の光強度分布は、ウエハに形成されたレジスト材料上において、図12に示す光強度分布となった。光透過領域10を透過する光によるピークP1と、欠陥領域14を通過した光によるピークP2の2つのピークが光強度分布には認められた。

【0090】光強度が0.3のときの光強度分布曲線の幅をコンタクトホールパターン幅と規定すると、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスクから得られるコンタクトホールパターン幅は0.27 $\mu\text{m}$ であり、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られるコンタクトホールパターン幅0.3 $\mu\text{m}$ と比較して、0.03 $\mu\text{m}$ 減少していた。また、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスク1から得られる光強度分布曲線のピークP1の中心は、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心から0.03 $\mu\text{m}$ ずれていた。更に、ピークP2に起因して、ウエハに形成されたレジスト材料には不要なパターンが形成された。

【0091】修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク1Aを図11に示す。図11の(A)の模式的な一部平面図、及び図11の(B)の模式的な一部切断図に示すように、欠陥領域14を含み且つ欠陥領域より大きい修正領域16(図11では斜線を付した)は、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体30で被覆されている。更に、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aが、同じ遮光体30で被覆されている。遮光体30は炭素から成り、振幅透過率はほぼ0%である。尚、図11の(B)は、図11の(A)の線B-Bに沿った切断図である。また、修正領域16及び光透過領域の一部10Aの大きさは実施例-1と同様とした。

【0092】このような遮光体30を形成することによって、図3の(B)にて示したと同様の光強度分布が得られた。この場合、コンタクトホールパターン幅は0.301 $\mu\text{m}$ となり、所望のコンタクトホールパターン幅(0.3 $\mu\text{m}$ )に良く一致した。また、この光強度分布曲線のピークの中心と、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心との差も0.01 $\mu\text{m}$ 未満となった。また、不要なピークの存在は認められなかった。

【0093】実施例-4における修正工程は実施例-1の工程と同様であり詳細は省略する。

【0094】実際、このように修正された実施例-4のハーフトーン方式位相シフトマスクを用いて、ハーフトーン方式位相シフトマスクに形成されたパターン形状をウエハに形成されたレジスト材料に転写し、コンタクトホールパターン幅を電子ビーム寸法測長装置を用いて測定したところ、所望のコンタクトホールパターン幅が得られていることが確認された。また、コンタクトホールパターン幅は光強度分布から得られるコンタクトホール

(12)

特開平6-347994

22

パターン幅と一致していることも確認された。

【0095】(実施例-4の変形[その1])実施例-4にて説明した欠陥領域14を、実施例-2にて説明した修正方法で修正することもできる。

【0096】実施例-4に示した欠陥領域と同様の欠陥領域を有するコンタクトホールパターン(図10参照)に対して、図13の模式的な一部平面図及び一部切断図に示すように、修正領域16をレジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体32で被覆する。また、修正領域に隣接する光透過領域の一部10Aを、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体34で被覆する。実施例-2と同様に、第1の遮光体32は炭素から成り、振幅透過率をほぼ0%とした。また、第2の遮光体34も炭素から成り、振幅透過率を約20%とした。第1の遮光体32と第2の遮光体34の厚さをそれぞれ300nm及び150nmとすることによって振幅透過率を変えている。

【0097】欠陥領域14の修正は実施例-2と同様に行うことができ、詳細な説明は省略する。尚、修正領域16の大きさを2.0 $\mu\text{m}$ ×2.0 $\mu\text{m}$ の大きさとした。また、光透過領域の一部10Aは、光透過領域10の一边から0.7 $\mu\text{m}$ だけ光透過領域の中央部に向かって延在している。こうして、欠陥領域14が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスク1Bを得ることができる。

【0098】修正裕度を得るために欠陥領域14以外の欠陥の無い半遮光領域12の一部分の上にも第1の遮光体32を形成しているが、光透過領域10の一部10Aを被覆する第2の遮光体34の振幅透過率及び幅等を制御することによって、光強度分布が所望の転写パターン形状に近づき、所望のコンタクトホールパターン幅が得られる。

【0099】(実施例-4の変形[その2])この実施例-4の変形は、実施例-4のハーフトーン方式位相シフトマスクと異なる構造を有する。この実施例-4の変形を、図14及び図15に模式的な一部切断図で示す。尚、これらの切断図は、図11の(A)の線B-Bに沿った切断図である。欠陥領域14は、欠陥の無い半遮光領域と比較して、振幅透過率が異なる。

【0100】図14に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、図5の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクと同様に、例えば石英から成る基板20、及びその上に形成された半遮光領域12から成る。半遮光領域12は、クロムから成る半遮光層22、及びその上に形成された例えばSiO<sub>2</sub>から成る光透過物質層26(所謂シフター)から構成されている。光透過領域10を通過した光と半遮光領域12を通過した光との位相差は、例えば180°である。図14の(A)に示した欠陥領域14は、半遮光層22の一部分が欠陥した形態の欠陥である。このような欠陥領域14は、基板20

23

上に形成された半遮光層22及び光透過物質層26をエッチングして光透過領域10を形成する際発生し易い。

【0101】図14の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図14の(B)に示す。また、実施例-2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図14の(C)に示す。

【0102】図15に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、例えば石英から成る基板20、及びその上に形成された半遮光領域12から成る。半遮光領域12は、クロムから成る半遮光層22、及び半遮光層22と基板20の間に形成された例えばSOGから成る光透過物質層26(所謂シフター)から構成されている。光透過領域10を通過した光と半遮光領域12を通過した光との位相差は、例えば $180^\circ$ である。欠陥領域14は、半遮光層22の一部分が欠陥した形態の欠陥である。このような欠陥領域14は、基板20上に形成された半遮光層22及び光透過物質層26をエッチングして光透過領域10を形成する際発生し易い。

【0103】図15の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図15の(B)に示す。また、実施例-2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図15の(C)に示す。

【0104】(実施例-5) 実施例-5は、実施例-4の変形である。実施例-5が実施例-4と異なる点は、欠陥領域14の欠陥の形態が相違している点にある。具体的には、欠陥領域14における半遮光層22の厚さが他の部分と比べて厚い。欠陥領域14の修正方法は実施例-1と同様である。以下、図16~図18を参照して、主に欠陥領域14について説明する。

【0105】図16の(A)に模式的な一部平面図を示すように、ハーフトーン方式位相シフトマスク1には、コンタクトホールパターンである正方形の光透過領域10、及び半遮光領域12が形成されている。尚、半遮光領域12には斜線を付した。また、正方形の光透過領域10の一边XYに隣接して欠陥領域14が存在する。図16の線B-B及びC-Cに沿ったハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を図16の(B)及び(C)に示す。図中、20は例えば石英から成る基板、22は半遮光領域12を構成するクロムから成る半遮光層である。光透過領域10は、基板に形成された深さdの凹部である。

【0106】正方形の光透過領域10の大きさを、5倍レティクル上で $1.85\mu\text{m} \times 1.85\mu\text{m}$ とした。また、半遮光領域12の振幅透過率を約40%とし、光透過領域10を通過した光と半遮光領域12を通過した光との位相差を $180^\circ$ とした。

(13)

特開平6-347994

24

【0107】欠陥領域14の大きさは、5倍レティクル上で $1.0\mu\text{m} \times 1.0\mu\text{m}$ とした。また、欠陥領域14の振幅透過率をほぼ0%、欠陥領域14を通過した光と光透過領域10を通過した光の位相差を $180^\circ$ とした。実施例-5においては、図16の(C)に破線で示した欠陥領域14は、半遮光層22が他の部分と比べて厚い形態の欠陥であり、欠陥の無い半遮光領域と比較して、振幅透過率が異なる。このような欠陥領域14は、半遮光層22の成膜時の成膜条件等のばらつきによって発生し易い。

【0108】このような欠陥領域14を有するハーフトーン方式位相シフトマスクを用いて、波長 $248\text{nm}$ 、NAが0.45、パーシャルコヒーレンシーが0.3の露光装置で、1/5に縮小露光すると、ハーフトーン方式位相シフトマスクを透過した光の光強度分布は、ウエハに形成されたレジスト材料上において、図18に示す光強度分布となった。

【0109】光強度が0.3のときの光強度分布曲線の幅をコンタクトホールパターン幅と規定すると、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスク1から得られるコンタクトホールパターン幅は $0.34\mu\text{m}$ であり、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られるコンタクトホールパターン幅 $0.3\mu\text{m}$ と比較して、 $0.04\mu\text{m}$ 増加していた。また、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心は、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心から $0.02\mu\text{m}$ ずれていた。

【0110】修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク1Aを図17に示す。図17の(A)の模式的な一部平面図、及び図17の(B)及び(C)の模式的な一部切断図に示すように、欠陥領域14を含み且つ欠陥領域より大きい修正領域16(図17では斜線を付した)は、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体30で被覆されている。更に、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aが、同じ遮光体30で被覆されている。遮光体30は炭素から成り、振幅透過率はほぼ0%である。尚、図17の(B)及び(C)は、図17の(A)の線B-B及びC-Cに沿った切断図である。尚、修正領域16及び光透過領域の一部10Aの大きさは実施例-1と同様とした。

【0111】このような遮光体30を形成することによって、図3の(B)にて示したと同様の光強度分布が得られた。この場合、コンタクトホールパターン幅は $0.301\mu\text{m}$ となり、所望のコンタクトホールパターン幅( $0.3\mu\text{m}$ )に良く一致した。また、この光強度分布曲線のピークの中心と、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心との差も $0.01\mu\text{m}$ 未満となった。

(14)

特開平6-347994

25

【0112】実施例-5における修正工程は実施例-1の工程と同様であり詳細は省略する。

【0113】(実施例-5の変形【その1】)実施例-5にて説明した欠陥領域14を、実施例-2にて説明した修正方法で修正することもできる。

【0114】実施例-5に示した欠陥領域と同様の欠陥領域を有するコンタクトホールパターン(図16参照)に対して、図19の模式的な一部平面図及び一部切断図に示すように、修正領域16をレジスト材料を感光させない振幅透過率を有する第1の遮光体32で被覆する。また、修正領域に隣接する光透過領域の一部10Aを、第1の遮光体の有する振幅透過率とは異なる振幅透過率を有する第2の遮光体34で被覆する。実施例-2と同様に、第1の遮光体32は炭素から成り、振幅透過率をほぼ0%とした。また、第2の遮光体34も炭素から成り、振幅透過率を約20%とした。第1の遮光体32と第2の遮光体34の厚さをそれぞれ300nm及び150nmとすることによって振幅透過率を変えている。

【0115】欠陥領域14の修正は実施例-2と同様に10行うことができ、詳細な説明は省略する。尚、修正領域16の大きさを、 $2.0\mu\text{m} \times 2.0\mu\text{m}$ の大きさとした。また、光透過領域の一部10Aは、光透過領域10の一边から $0.7\mu\text{m}$ だけ光透過領域の中央部に向かって延在している。こうして、欠陥領域14が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスク1Bを得ることができる。

【0116】修正裕度を得るために欠陥領域14以外の欠陥の無い半遮光領域12の一部分の上にも第1の遮光体32を形成しているが、光透過領域の一部10Aを被覆する第2の遮光体34の振幅透過率及び幅等を制御することによって、光強度分布が所望の転写パターン形状に近づき、所望のコンタクトホールパターン幅が得られる。

【0117】欠陥領域14における半遮光層22の厚さが他の部分と比べて厚い例を挙げて、実施例-5あるいはその変形を説明したが、欠陥領域14における半遮光層22の厚さが他の部分と比べて薄い場合にも、実施例-5あるいはその変形と全く同様の方法で修正することができる。

【0118】(実施例-5の変形【その2】)この実施例-5の変形は、実施例-5のハーフトーン方式位相シフトマスクと異なる構造を有する。この実施例-5の変形を、図20及び図21に模式的な一部切断図で示す。尚、これらの切断図は、図16の(A)の線C-Cに沿った切断図である。破線で示した欠陥領域14は、欠陥の無い半遮光領域と比較して、振幅透過率が異なる。

【0119】図20に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、例えば石英から成る基板20、及びその上に形成された半遮光領域12から成る。半遮光領域12は、クロムから成る半遮光層22、及びその上に形成さ

26

れた例えばSOGから成る光透過物質層26(所謂シフター)から構成されている。光透過領域10を通過した光と半遮光領域12を通過した光との位相差は、例えば $180^\circ$ である。図20の(A)に破線で示した欠陥領域14は、半遮光層22の一部が厚く振幅透過率が異なる形態の欠陥である。このような欠陥領域14は、基板20上に半遮光層22を形成する際発生し易い。

【0120】図20の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図20の(B)に示す。また、実施例-2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図20の(C)に示す。

【0121】図21に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、例えば石英から成る基板20、及びその上に形成された半遮光領域12から成る。半遮光領域12は、クロムから成る半遮光層22、及び半遮光層22と基板20の間に形成された例えばSOGから成る光透過物質層26(所謂シフター)から構成されている。光透過領域10を通過した光と半遮光領域12を通過した光との位相差は、例えば $180^\circ$ である。図21の(A)に破線で示した欠陥領域14も、半遮光層22の一部が厚く振幅透過率が異なる形態の欠陥である。このような欠陥領域14は、基板20上に半遮光層22を形成する際発生し易い。

【0122】図21の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図21の(B)に示す。また、実施例-2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図21の(C)に示す。

【0123】(実施例-6)実施例-6におけるハーフトーン方式位相シフトマスクにおける欠陥は、実施例-1、実施例-2、実施例-4及び実施例-5にて説明したハーフトーン方式位相シフトマスクにおける欠陥(少なくとも半遮光領域12を構成する半遮光層22の欠陥)と形態が異なる。

【0124】実施例-6のハーフトーン方式位相シフトマスクにおける半遮光領域12は、基板20上に形成された半遮光層22及びその上に形成された光透過物質層26から成り、あるいは、基板20上に形成された光透過物質層26及びその上に形成された半遮光層22から成る。そして、欠陥の形態は、光透過物質層26の一部分欠落、あるいは光透過物質層26の厚さの相違である。即ち、欠陥領域14は、欠陥の無い半遮光領域と比較して、光の位相が異なる。

【0125】図22に、実施例-6のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を示す。尚、図22の(B)及び(C)の切断図は、図22の(A)の線B-B及びC-Cに沿った切断図である。破線で示し



27

た欠陥領域14は、欠陥の無い半透光領域と比較して、位相が異なる。

【0126】図22に示したハーフトーン方式位相シフトマスクは、例えば石英から成る基板20、及びその上に形成された半透光領域12から成る。半透光領域12は、クロムから成る半透光層22、及びその上に形成された例えばSOGから成る光透過物質層26（所謂シフター）から構成されている。光透過領域10を通過した光と半透光領域12を通過した光との位相差は、例えば180°である。光透過物質層26の厚さdは、露光光の波長を $\lambda$ 、光透過物質層の屈折率をnとした場合、 $d = \lambda / (2(n-1))$ を満足する値である。

【0127】図22の(C)に破線で示した欠陥領域14は、光透過物質層26の一部分が欠陥した形態の欠陥である。このような欠陥領域14は、基板20上に形成された半透光層22及び光透過物質層26をエッチングして光透過領域10を形成する際発生し易い。

【0128】正方形の光透過領域10の大きさを、5倍レティクル上で1.85 $\mu\text{m}$ ×1.85 $\mu\text{m}$ とした。また、半透光領域12の振幅透過率を約40%とし、光透過領域10を通過した光と半透光領域12を通過した光との位相差を180°とした。

【0129】欠陥領域14の大きさは、5倍レティクル上で1.0 $\mu\text{m}$ ×1.0 $\mu\text{m}$ とした。また、欠陥領域14の振幅透過率を約40%、欠陥領域14を通過した光と光透過領域10を通過した光との位相差を0°とした。

【0130】このような欠陥領域14を有するハーフトーン方式位相シフトマスク1を用いて、波長248nm、NAが0.45、パーシャルコヒーレンシーが0.3の露光装置で、1/5に縮小露光すると、ハーフトーン方式位相シフトマスク1を透過した光の光強度分布は、ウェハに形成されたレジスト材料上において、図27の(A)に示す光強度分布となった。

【0131】光強度が0.3のときの光強度分布曲線の幅をコンタクトホールパターン幅と規定すると、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスクから得られたコンタクトホールパターン幅は0.36 $\mu\text{m}$ であり、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られたコンタクトホールパターン幅0.3 $\mu\text{m}$ と比較して、0.06 $\mu\text{m}$ 増加していた。また、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスクから得られた光強度分布曲線のピークの中心は、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られた光強度分布曲線のピークの中心から0.03 $\mu\text{m}$ ずれていた。

【0132】実施例1と同様の修正方法による修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク1Aを図23に示す。図23の(A)の模式的な一部平面図、及び図2の

(15)

特開平6-347994

28

欠陥領域14を含み且つ欠陥領域より大きい修正領域16（図23では斜線を付した）は、レジスト材料を感光させない振幅透過率を有する遮光体30で被覆されている。更に、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aが、同じ遮光体30で被覆されている。遮光体30は炭素から成り、振幅透過率はほぼ0%である。尚、図23の(B)及び(C)は、図23の(A)の線B-B及びC-Cに沿った切断図である。尚、修正領域16及び光透過領域の一部10Aの大きさは実施例1と同様とした。

【0133】このような遮光体30を形成することによって、図3の(B)に示したと同様の光強度分布が得られ、この場合、コンタクトホールパターン幅は0.301 $\mu\text{m}$ となり、所望のコンタクトホールパターン幅(0.3 $\mu\text{m}$ )に良く一致した。また、この光強度分布曲線のピークの中心と、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心との差も0.01 $\mu\text{m}$ 未満となった。

【0134】この実施例6における欠陥領域14の修正は実施例1と同様とすることができ、詳細な説明は省略する。

【0135】（実施例6の変形[その1]）図22に示した欠陥領域14を、実施例2と同様の方法で修正することができる。このような実施例2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図24の(A)に示す。

【0136】（実施例6の変形[その2]）図24の(B)及び(C)に、実施例6の別の変形により修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を示す。図24の(B)及び(C)の切断図は、図22の(A)の線C-Cに沿った切断図である。欠陥領域14は、欠陥の無い半透光領域と比較して、位相が異なる。具体的には、光透過物質層26の厚さが他の部分とは異なる。このような欠陥領域14は、光透過物質層26を形成する際発生し易い。

【0137】図24の(B)の切断図は、実施例1の修正方法に基づいて欠陥領域14を修正した例であり、図24の(C)の切断図は、実施例2の修正方法に基づいて欠陥領域14を修正した例である。

【0138】正方形の光透過領域10の大きさを、5倍レティクル上で1.85 $\mu\text{m}$ ×1.85 $\mu\text{m}$ とした。また、半透光領域12の振幅透過率を約40%とし、光透過領域10を通過した光と半透光領域12を通過した光との位相差を180°とした。

【0139】欠陥領域14の大きさは、5倍レティクル上で1.0 $\mu\text{m}$ ×1.0 $\mu\text{m}$ とした。また、欠陥領域14の振幅透過率を約40%、欠陥領域14を通過した光と光透過領域10を通過した光との位相差を90°とした。

【0140】このような欠陥領域14を有するハーフト

29

ーン方式位相シフトマスク1を用いて、波長248nm、NAが0.45、パーシャルコヒーレンシーが0.3の露光装置で、1/5に縮小露光すると、ハーフトーン方式位相シフトマスク1を透過した光の光強度分布は、ウェハに形成されたレジスト材料上において、図27の(B)に示す光強度分布となった。

【0141】光強度が0.3のときの光強度分布曲線の幅をコンタクトホールパターン幅と規定すると、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスクから得られたコンタクトホールパターン幅は0.34μmであり、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られたコンタクトホールパターン幅0.3μmと比較して、0.04μm増加していた。また、欠陥領域14が存在するハーフトーン方式位相シフトマスクから得られた光強度分布曲線のピークの中心は、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られた光強度分布曲線のピークの中心から0.02μmずれていた。

【0142】実施例-1の修正方法に基づいて欠陥領域14を修正した場合(図24の(B)参照)、あるいは、実施例-2の修正方法に基づいて欠陥領域14を修正した場合(図24の(C)参照)、図3の(B)に示したと同様の光強度分布が得られ、この場合、コンタクトホールパターン幅は0.301μmとなり、所望のコンタクトホールパターン幅(0.3μm)に良く一致した。また、この光強度分布曲線のピークの中心と、欠陥領域14の無いハーフトーン方式位相シフトマスクから得られる光強度分布曲線のピークの中心との差も0.01μm未満となった。

【0143】この実施例-6における欠陥領域14の修正は実施例-1又は実施例-2と同様とすることができ、詳細な説明は省略する。

【0144】(実施例-6の変形[その3])この実施例-6の変形は、実施例-6の変形[その1]とハーフトーン方式位相シフトマスクの構造が異なることを除き、実施例-6の変形[その1]と実質的には同一である。このハーフトーン方式位相シフトマスクは、例えば石英から成る基板20、及びその上に形成された半透光領域12から成る。半透光領域12は、クロムから成る半透光層22、及び半透光層22と基板20の間に形成された例えばSOGから成る光透過物質層26(所謂シフター)から構成されている。光透過領域10を通過した光と半透光領域12を通過した光との位相差は、例えば180°である。欠陥領域14は、光透過物質層26の一部分が欠落した形態の欠陥である。このような欠陥領域14は、基板20上に形成された半透光層22及び光透過物質層26をエッチングして光透過領域10を形成する際発生し易い。

【0145】図25の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-1と同様の方法で修正した

(16)

特開平6-347994

30

ハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図25の(B)に示す。また、実施例-2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図25の(C)に示す。

【0146】(実施例-6の変形[その4])この実施例-6の変形のハーフトーン方式位相シフトマスクは、実施例-6の変形[その3]と同様の構造を有する。このハーフトーン方式位相シフトマスクにおける欠陥の形態は、実施例-6の変形[その2]と実質的には同一である。

【0147】図26の(A)に示したハーフトーン方式位相シフトマスクを実施例-1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図26の(B)に示す。また、実施例-2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図を、図26の(C)に示す。

【0148】尚、実施例-6の一部においては、光透過物質層26が厚い場合を例にとり説明したが、光透過物質層26が薄い場合にも同様にして修正することができ

る。

【0149】以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。実施例にて説明した条件や数値は例示であり、適宜変更することができる。光透過領域10及び欠陥領域14の形状や大きさは例示である。

【0150】修正領域16、あるいは修正領域16に隣接する光透過領域の一部10Aの大きさ、遮光部の幅、透過率等を、欠陥領域の大きさ、形状や位置、露光波長、露光条件等によって適宜変更することができる。転写パターン形状に影響がなければ、場合によっては、欠陥領域14の一部分が修正領域16からはみ出しているもよい。

【0151】各実施例においては、コンタクトホールパターンに隣接した欠陥領域14に関して説明したが、本発明はコンタクトホールパターンに限定されるものではない。極めて容易に各種のデバイスパターン全てに本発明を適用できる。また、欠陥領域14は、必ずしも光透過領域10に隣接していなくてもよく、図28あるいは図29に例示するように、光透過領域10の近傍に存在してもよい。

【0152】図28は、図11に示したと同様の欠陥形態であり、欠陥領域14を含むハーフトーン方式位相シフトマスク1の模式的な一部平面図を図28の(A)に、また、一部切断図を図28の(B)に示す。実施例-1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスク1Aの一部切断図を図28の(C)に示す。

【0153】図29は、図17に示したと同様の欠陥形態であり、欠陥領域14を含むハーフトーン方式位相シフトマスク1の模式的な一部平面図を図29の(A)に、また、一部切断図を図29の(B)に示す。実施例

31

ー1と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスク1Aの一部接断面図を図29の(C)に、実施例ー2と同様の方法で修正したハーフトーン方式位相シフトマスク1Bの一部接断面図を図29の(D)に示す。

【0154】欠陥領域の位置あるいは形状等に依存して、遮光体30あるいは第1及び第2の遮光体32、34の形成領域を適宜設定すればよい。この場合、修正領域16、及び修正領域16に近接した光透過領域の一部10Aの上に形成される遮光体30あるいは第1及び第2の遮光体32、34は、図28の(C)に示すように一体化されていても、図29の(C)あるいは(D)に示すように別々であってもよい。

【0155】遮光体の形成手段として、レーザービームあるいは電子ビーム等を使用しても良いが、望ましくは炭素イオンビームを用いることで制御良く遮光体を形成できる。遮光体の形成においては炭素イオンビームとしてGa<sup>+</sup>イオンビームを用いたが、イオンビームはこれに限定されるものではなく、遮光体を形成できるイオンビームであれば如何なるイオンビームをも用いることができる。また、遮光体を形成するために、炭素含有ガスとしてビレンガスをを用いたが、ビレンガスに限定されるものでなく、炭素を含有するガスならば如何なるガスをも用いることができる。

【0156】半遮光層はクロム以外にも光を適量遮光することができる材料から構成することができる。また、遮光体として炭素以外にも、例えばクロム、酸化クロム、クロム上に積層された酸化クロム、高融点金属(W、Mo、Be等)等の遮光機能を有する任意の材料から構成することができ、形成方法は使用する材料に依存して適宜選択することができる。例えば、遮光体を、レーザCVD法にて形成したCr、Mo、Wあるいはこれらの酸化物から構成することができる。光透過物質層26もSOGに限定されず、ポリメチルメタクリレート、フッ化マグネシウム、二酸化チタン、ポリイミド樹脂、二酸化珪素、酸化インジウム、SiO<sub>2</sub>、SiN、各種レジスト等、透明な材料であればよい。

【0157】半遮光領域12の振幅透過率は40%に限定されるものではなく、0%よりも大きく且つ55%より小さい値であればよい。修正領域16に隣接する光透過領域の一部10A上に形成する第2の遮光体34の振幅透過率は20%に限定されるものではなく、0%よりも大きく且つ100%より小さい値であればよく、0%よりも大きく50%よりも小さい振幅透過率を選択することが望ましい。尚、振幅透過率の測定は、株式会社日立製作所製スペクトルフォトメーターU-3200を用いて測定した。尚、露光波長において光透過領域を透過した光の強度を1としたときの透過光強度を測定し、これを光強度透過率とする。振幅透過率は、光強度透過率の平方根になる。

【0158】実施例ー1等においては、修正領域16

(17)

特開平6-347994

32

上、及び修正領域16に隣接する光透過領域の一部10A上に形成する遮光体30の振幅透過率を同じとした。また、実施例ー2等においては、修正領域16に隣接する光透過領域の一部10A上に形成する第2の遮光体34と、修正領域16上に形成する第1の遮光体32の振幅透過率を変化させた。しかしながら、これらの遮光体の振幅透過率を適宜連続的に変化させても同様の効果が得られる。

【0159】

【発明の効果】本発明においては、欠陥領域の大きさや形状に厳密に依存すること無く欠陥領域を修正することができる。即ち、通常の修正精度において高い修正裕度にて欠陥領域を修正することができる。また、欠陥の形態に関係無く欠陥領域を修正することができる。しかも、光露光による欠陥領域のレジスト材料へ転写及び焦点深度の劣化を防ぐことができる。

【0160】また、修正領域に隣接若しくは近接する光透過領域の一部を遮光体で被覆するので、単に修正領域のみを遮光体で被覆した場合に生じる転写パターン形状の所望のパターン形状からの変化を補正することができる。しかも、遮光体の幅や位置あるいは透過率、更にはこれらすべてを精確に制御することで、精確に所望の転写パターン形状及び十分な焦点深度が得ることができる。

【0161】更には、修正領域に対して適切な遮光体の位置及び大きさを予め実験や計算等により求め、且つ遮光体の得られた位置及び大きさを精確に制御することで、所望の転写パターン形状を効率的に精確に得ることができる。

【0162】本発明により、容易且つ簡便にハーフトーン方式位相シフトマスクを修正することができ、ハーフトーン方式位相シフトマスク作製のスループットが向上し、コストも削減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例ー1における欠陥領域を含むハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図2】実施例ー1における欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図3】修正前のハーフトーン方式位相シフトマスク、及び実施例ー1における修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクを通過した光の光強度分布を示す図である。

【図4】実施例ー1における修正領域を示す図である。

【図5】図1に示した構造とは別の構造を有する実施例ー1の修正前及び修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図6】実施例ー2における欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図7】実施例ー2における修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクを通過した光の光強度分布を示す図で

(18)

特開平6-347994

33

ある。

【図8】図6に示した構造とは別の構造を有する実施例-2の修正前及び修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図9】実施例-3における欠陥領域を含むハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図10】実施例-4における欠陥領域を含むハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図11】実施例-1にて説明した修正方法に基づき修正された、実施例-4における欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図12】実施例-4における修正前のハーフトーン方式位相シフトマスクを通過した光の光強度分布を示す図である。

【図13】実施例-2にて説明した修正方法に基づき修正された、実施例-4の修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図14】図10に示した構造とは別の構造を有する実施例-4の修正前及び修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図15】図14に示した構造とは別の構造を有する実施例-4の修正前及び修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図16】実施例-5における欠陥領域を含むハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図17】実施例-1にて説明した修正方法に基づき修正された、実施例-5における欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図18】実施例-5における修正前のハーフトーン方式位相シフトマスクを通過した光の光強度分布を示す図である。

【図19】実施例-2にて説明した修正方法に基づき修正された、実施例-5の修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図20】図16に示した構造とは別の構造を有する実施例-5の修正前及び修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図21】図20に示した構造とは別の構造を有する実施例-5の修正前及び修正後のハーフトーン方式位相シフトマスクの模式的な一部切断図である。

【図22】実施例-6における欠陥領域を含むハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図23】実施例-1にて説明した修正方法に基づき修正された、実施例-6における欠陥領域が修正されたハ

34

ーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図24】実施例-1及び実施例-2にて説明した修正方法に基づき修正された、実施例-6における欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図25】実施例-1及び実施例-2にて説明した修正方法に基づき修正された、実施例-6における欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図26】実施例-1及び実施例-2にて説明した修正方法に基づき修正された、実施例-6における欠陥領域が修正されたハーフトーン方式位相シフトマスクの模式図である。

【図27】実施例-6における修正前のハーフトーン方式位相シフトマスクを通過した光の光強度分布を示す図である。

【図28】欠陥領域14が光透過領域10の近傍に存在している場合の欠陥及びその修正を示す模式図である。

【図29】欠陥領域14が光透過領域10の近傍に存在している場合の欠陥及びその修正を示す模式図である。

【図30】従来の位相シフトマスクの構造を示す図である。

【図31】従来のハーフトーン方式位相シフトマスクの構造を示す図である。

【図32】従来のハーフトーン方式位相シフトマスクにおける欠陥を示す図である。

【符号の説明】

1 ハーフトーン方式位相シフトマスク

10 光透過領域

10A 修正領域16に隣接あるいは近接した光透過領域の一部

10B 基板の一部分

12 半遮光領域

14 欠陥領域

16 修正領域

18 遮光領域

20 基板

22 半遮光層

24 位相シフト領域

26 光透過物質層

30 遮光体

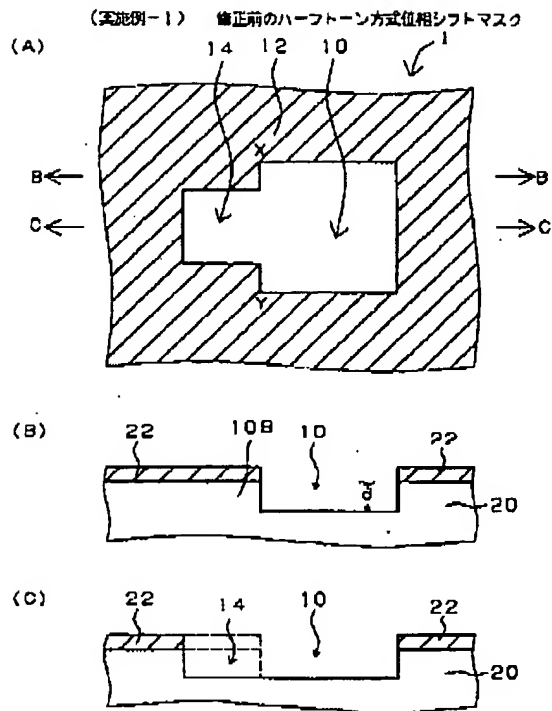
32 第1の遮光体

34 第2の遮光体

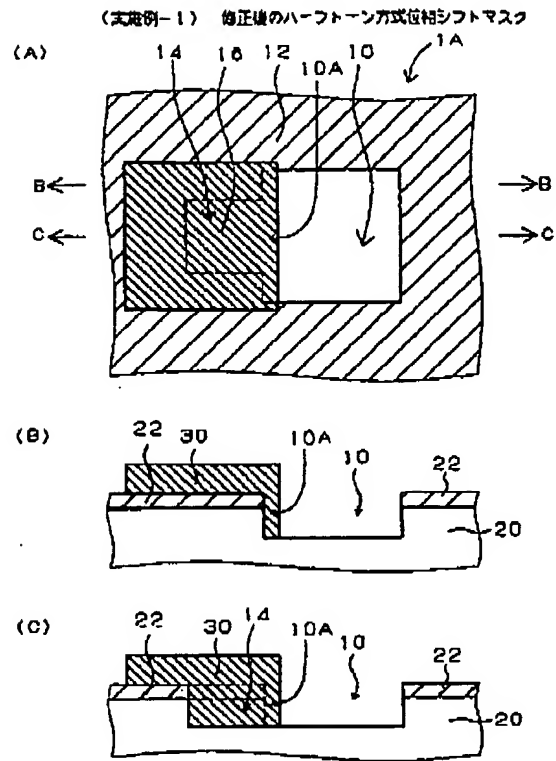
(19)

特開平6-347994

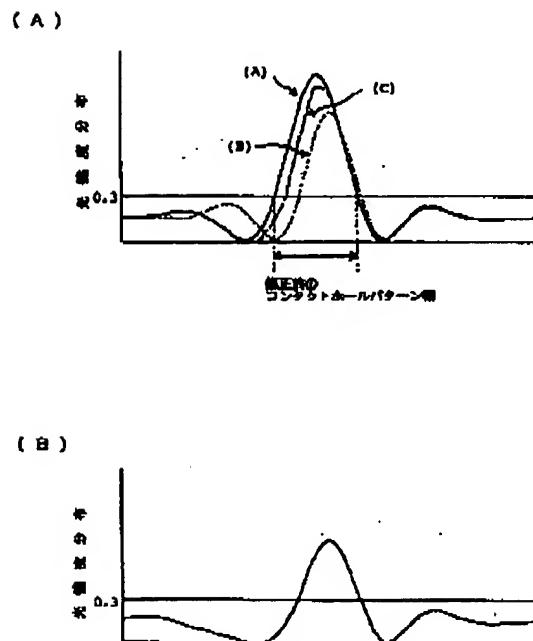
【図1】



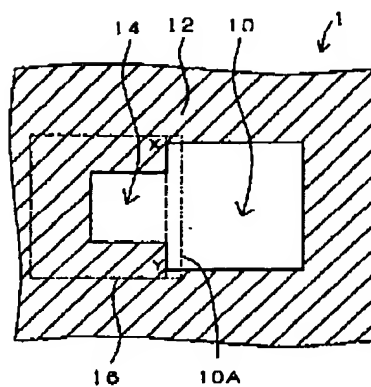
【図2】



【図3】



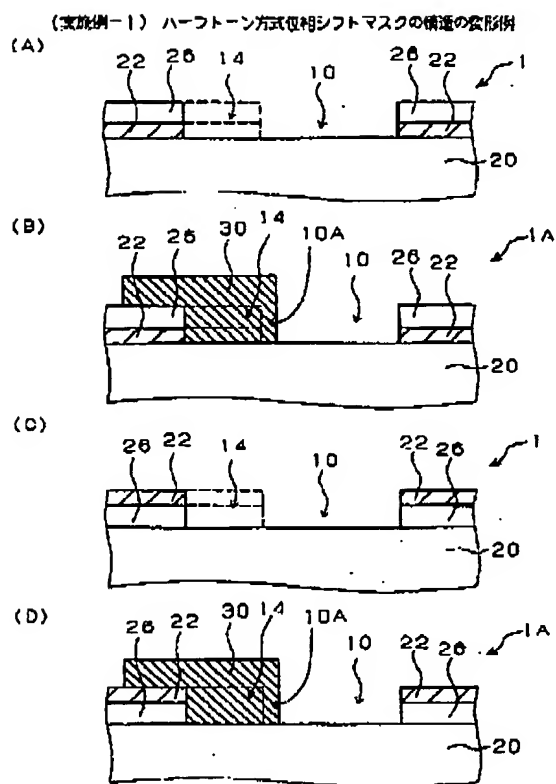
【図4】



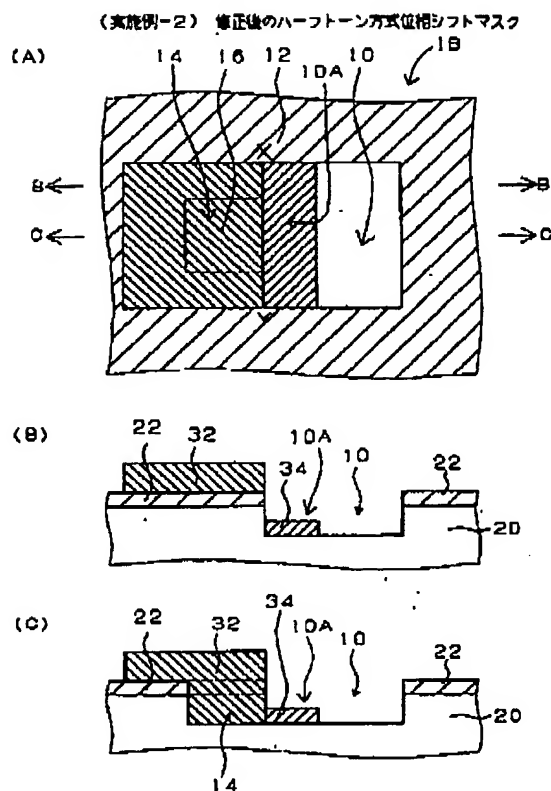
(20)

特開平6-347994

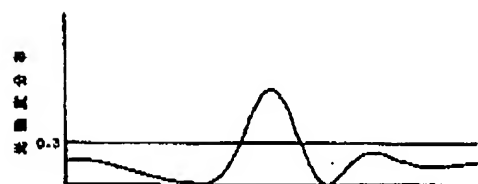
【図5】



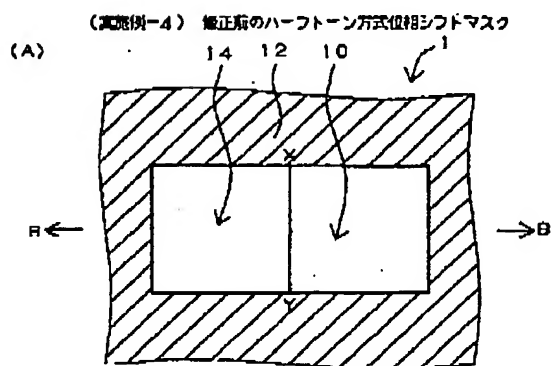
【図6】



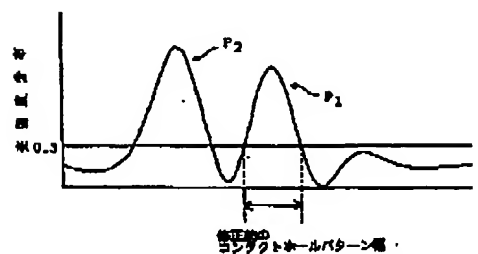
【図7】



【図10】



【図12】

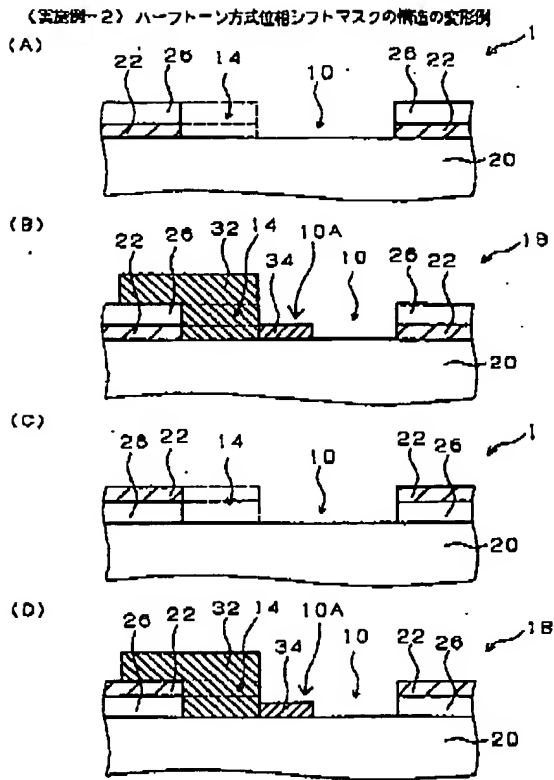




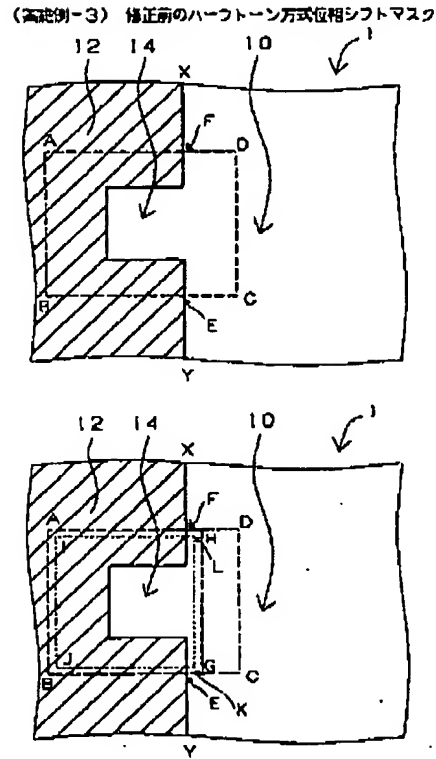
(21)

特開平6-347994

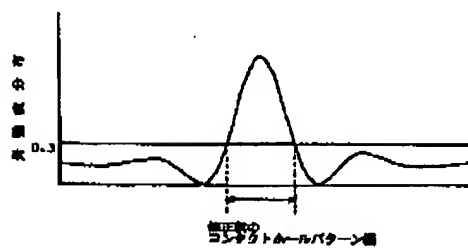
【図8】



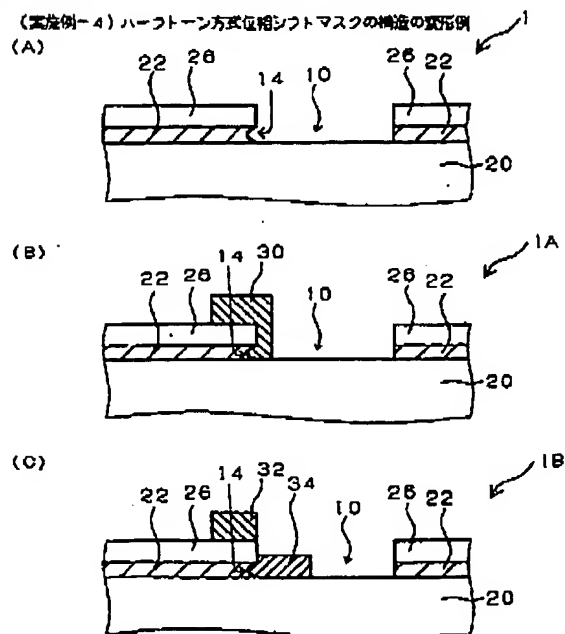
【図9】



【図18】



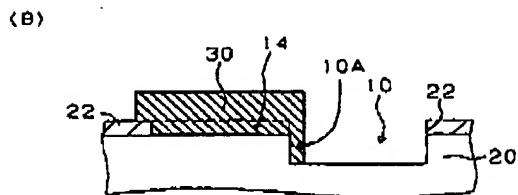
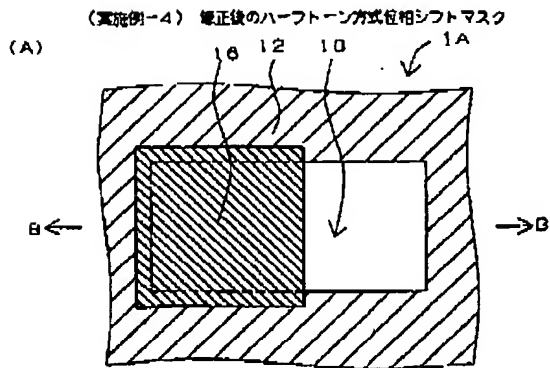
【図14】



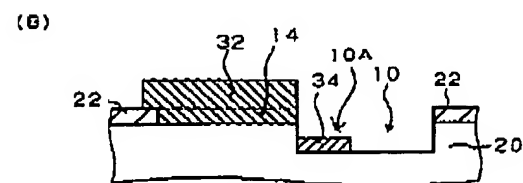
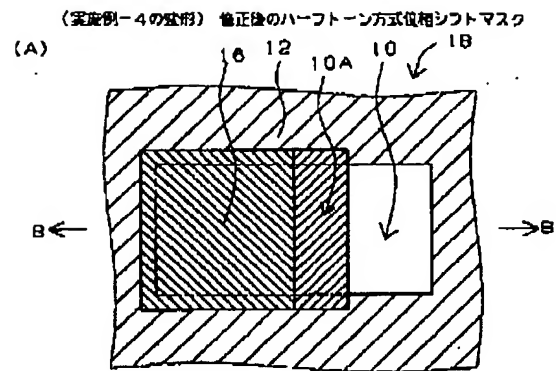
(22)

特開平6-347994

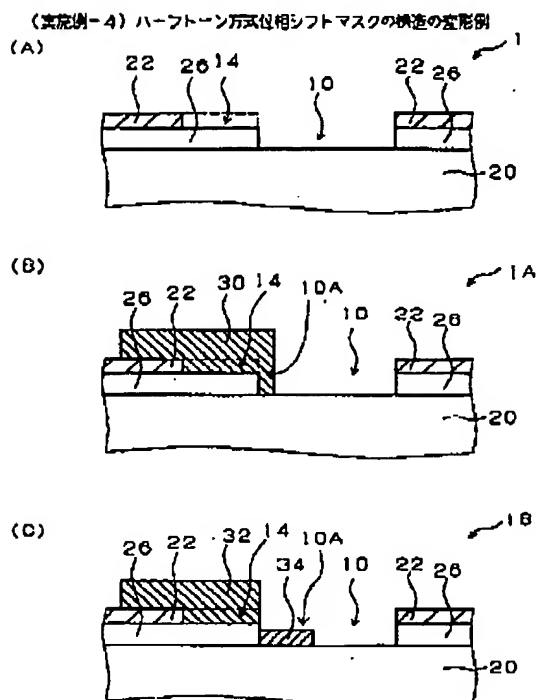
【図11】



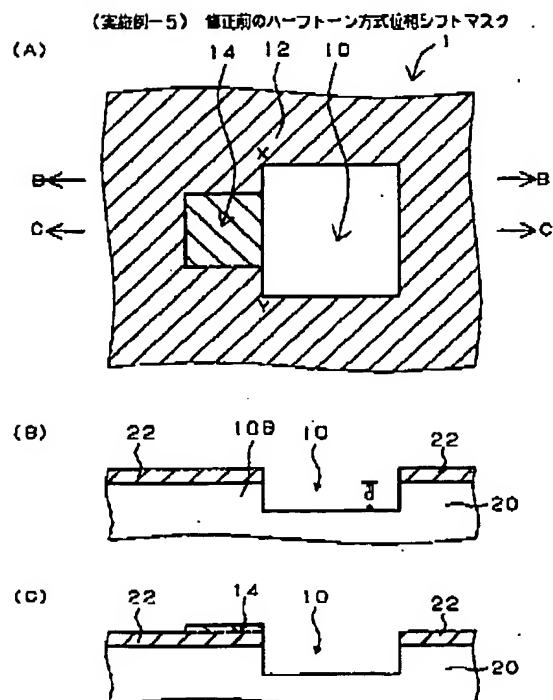
【図13】



【図15】



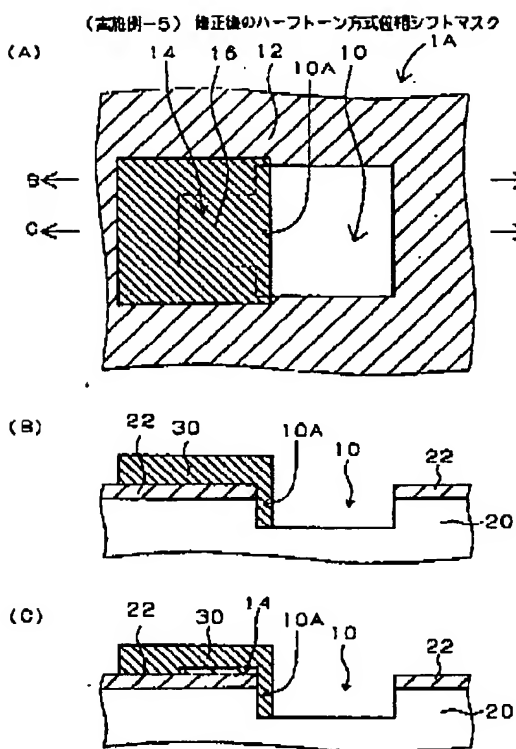
【図16】



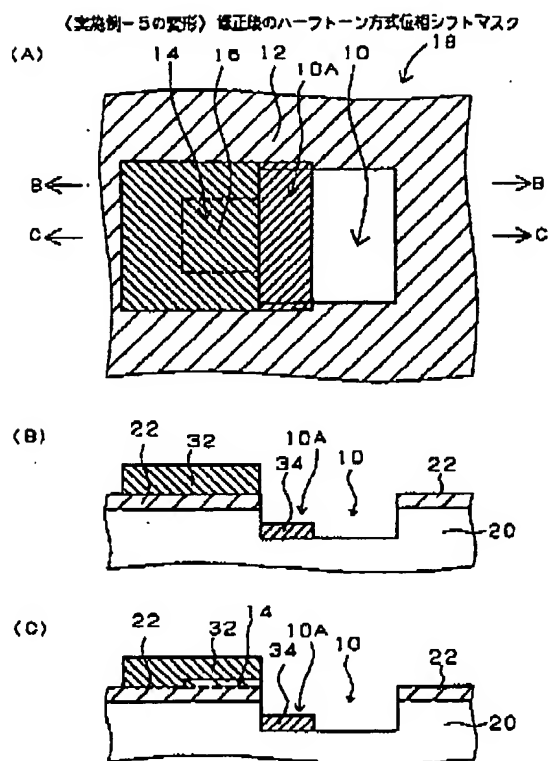
(23)

特開平6-347994

【図17】

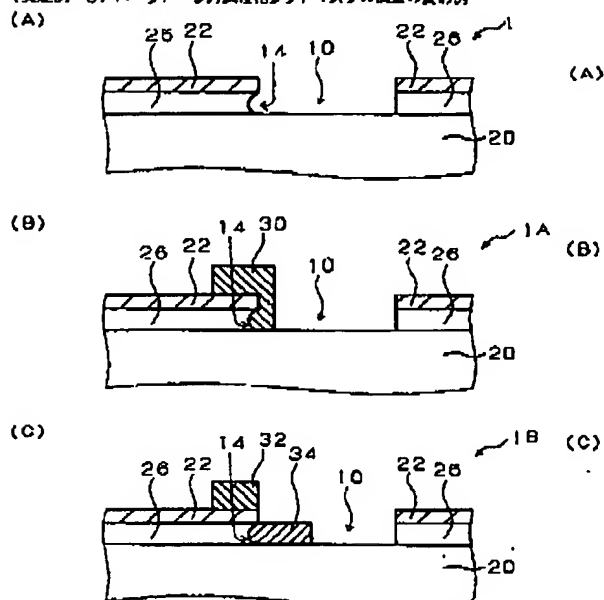


【図19】



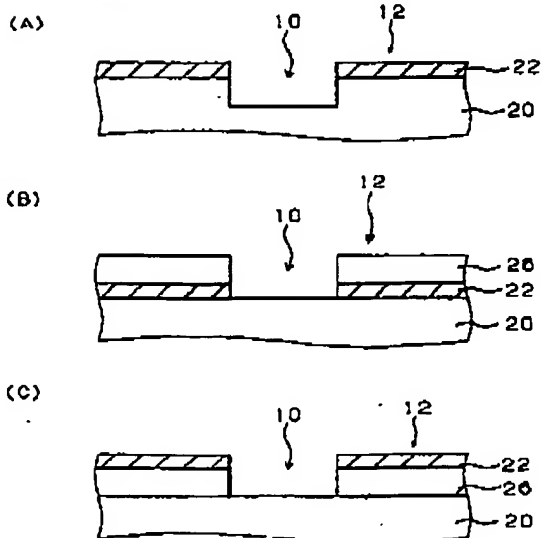
【図25】

(実施例-6) ハーフトーン方式位相シフトマスクの製造の実形例



【図31】

従来のハーフトーン方式位相シフトマスク

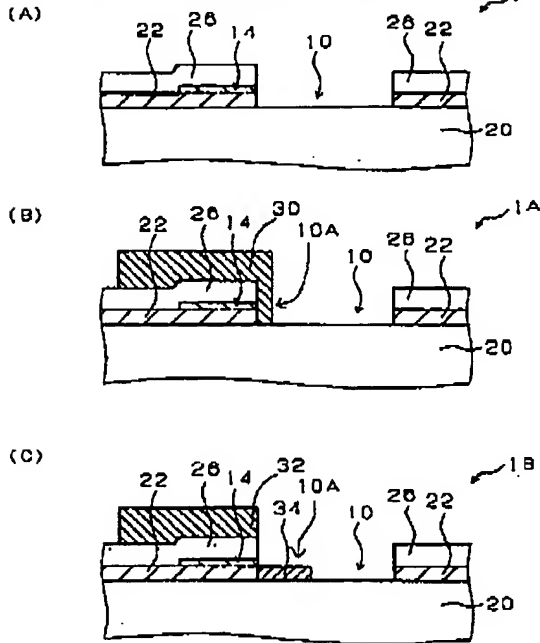


(24)

特開平6-347994

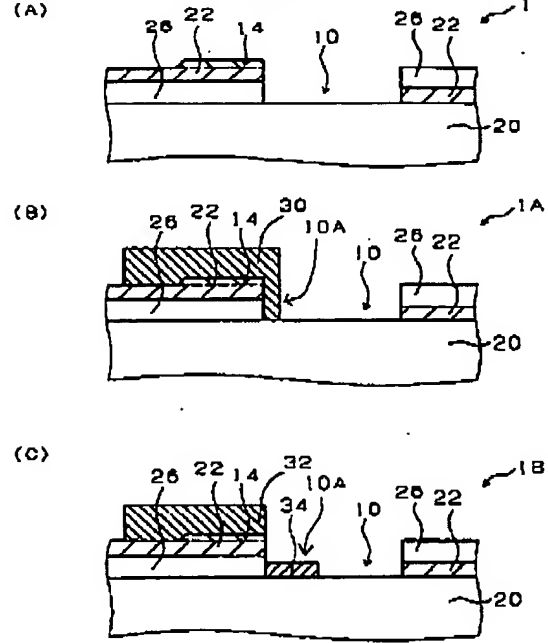
【図20】

(実施例-5) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の变形例



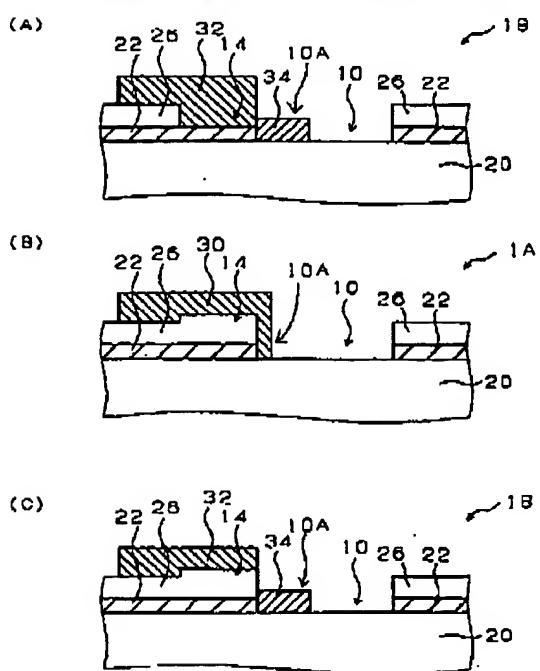
【図21】

(実施例-5) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の变形例



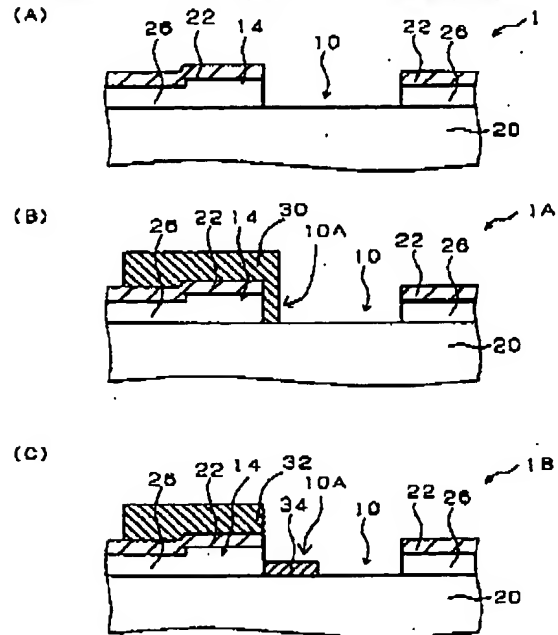
【図24】

(実施例-6) 修正後のハーフトーン方式位相シフトマスク



【図26】

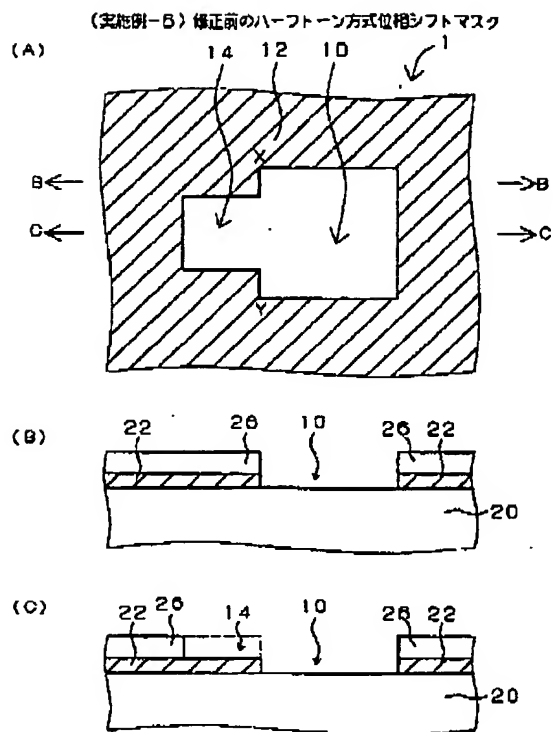
(実施例-6) ハーフトーン方式位相シフトマスクの構造の变形例



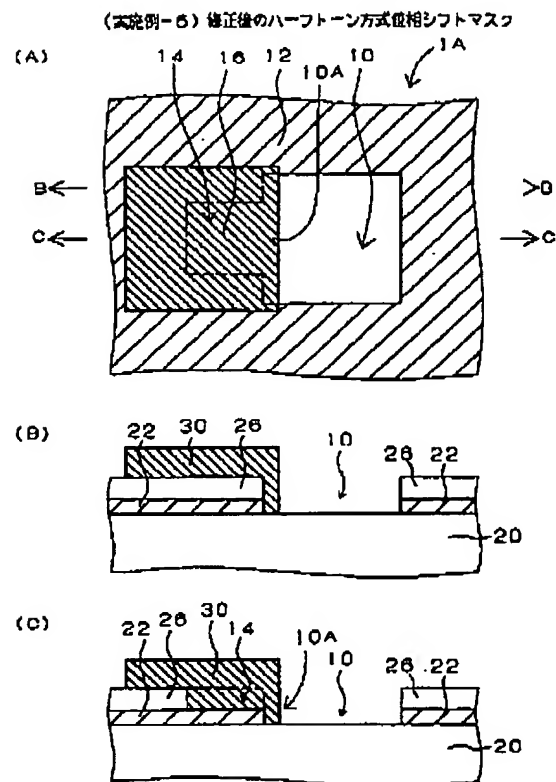
(25)

特開平6-347994

【図22】



【図23】

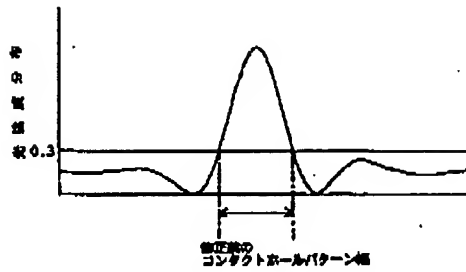


(26)

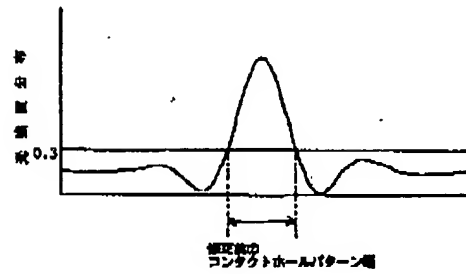
特開平6-347994

【図27】

(A)



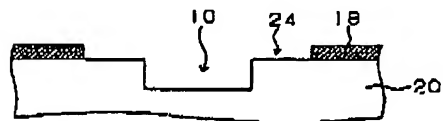
(B)



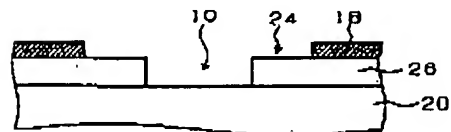
【図30】

従来の電極ソフトマスク

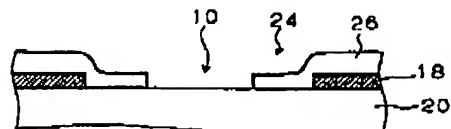
(A)



(B)

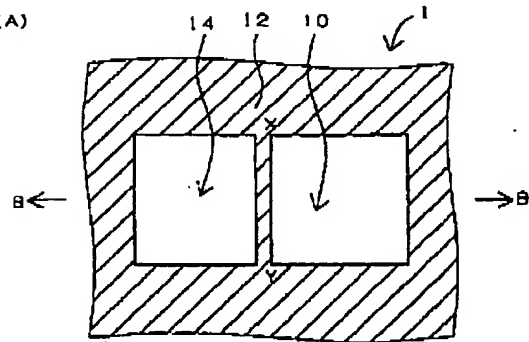


(C)

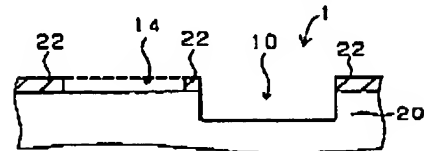


【図28】

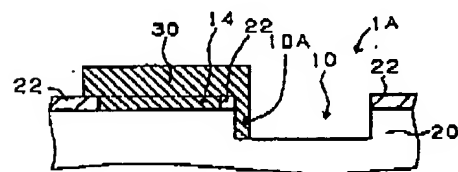
(A)



(B)



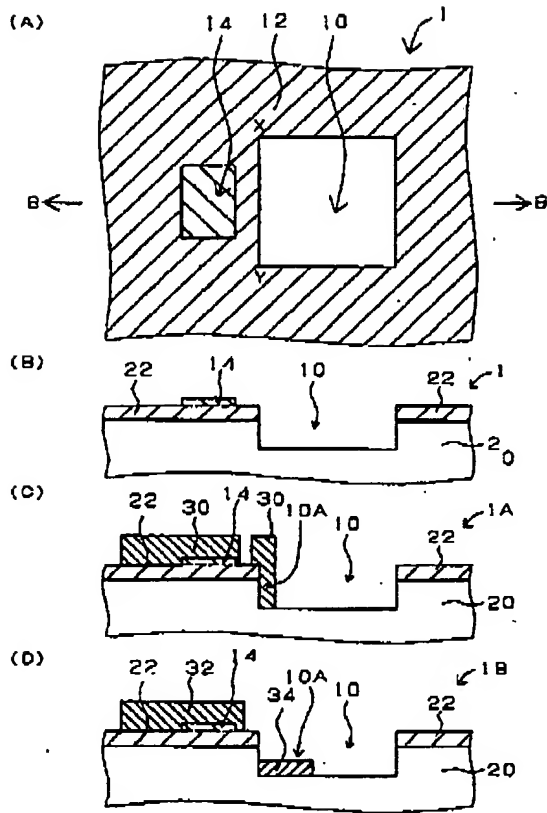
(C)



(27)

特開平6-347994

【図29】



【図32】

従来のハーフトーン方式包相シフトマスクにおける欠陥例

